

ЗБОРНИК РАДОВА

“Пут и животна средина” Вршац, 28-29 септембар 2017

PROCEEDINGS

“Roads and Environment”, Vrsac, Serbia, September 28-29, 2017

Српско друштво за путеве “Via Vita”
Београд, 2017. година

ЗБОРНИК РАДОВА

“Пут и животна средина” Вршац, 28-29 септембар 2017

PROCEEDINGS

“Roads and Environment”, Vrsac, Serbia, September 28-29, 2017

Издавач

Српско друштво за путеве “Via Vita”
Кумодрашка 257, 11000 Београд

За издавача

Биљана Вуксановић, дипл. инж. грађ.

Уредници

в.проф. др Горан Младеновић, дипл. инж. грађ.
в.проф. др Драженко Главић, дипл. инж. саоб.

Графички дизајн

Омнибус, Београд

Штампа

ДЦ Графички центар, Београд

Тираж

120

ISBN 978-86-88541-08-4

Пети научно-стручни скуп “Пут и животна средина”
28-29 септембар 2017, Вршац, Србија

The 5th Scientific-Expert Meeting “Road and Environment”
September 28-29, 2017, Vrsac, Serbia

Организатори

Српско друштво за путеве “Via Vita”
Институт за путеве а.д. Београд
Грађевински факултет Универзитета у Београду

САДРЖАЈ

Уводна реч

■ Уводна предавања

SVET KOJI NESTAJE - UTICAJ IZGRADNJE PUTNE INFRASTRUKTURE NA VLAŽNA I EFEMERNA STANIŠTA
Jasmina Krpo-Četković, Sofija Pavković-Lučić, Dragana Miličić ... 1

PUTEVI I ZAŠTITA VODNIH RESURSA OD ZAGAĐENJA
Jovan Despotović, Jasna Plavšić, Andrijana Todorović, Dragutin Pavlović, Dušan Prodanović, Ljiljana Janković, Miloš Stanić, Aleksandar Đukić, Nenad Jaćimović, Marko Ivetić ... 8

UTICAJ PROMENA KLIME NA PROCENU HAZARDA OD KLIZIŠTA NA PUTNOJ MREŽI SRBIJE
Biljana Abolmasov ... 18

EKSTERNI EFEKTI U EKONOMSKOM VREDNOVANJU PROJEKATA
Draženko Glavić, Marina Milenković, Jovana Orestijević, Natalija Tomić ... 34

■ ТЕМА 1 / Регулатива и међународна сарадња

ДОПРИНОС УДРУЖЕЊА ИНЖЕЊЕРА БЕОГРАДА ОДРЖИВОМ РАЗВОЈУ САОБРАЋАЈНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ СРБИЈЕ И ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ
Ранка Гајић, Весна Златановић-Томашевић, Марија Вукић, Владета Вујанић ... 44

ВИШЕГОДИШЊЕ ИСКУСТВО RAZMATRANJA U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE NA ODRŽAVANJU PUTEVA I I II REDA PEŠTERSKE VISORAVNI
Izet Ljajić, Sead Mujović, Ertan Ljajić, Senad Ibragić ... 52

REGULATORNE OSNOVE ZA PROUČAVANJE I UPRAVLJANJE DRUŠTVENO-EKONOMSKIM UTICAJIMA
Igor Jokanović, Milica Popović ... 66

PUTEVI KAO PREDMET PRAVNOG REGULISANJA I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE U REPUBLICI SRBIJI
Nataša Tomić-Petrović ... 76

ISKUSTVA JAVNOG PREDUZEĆA CESTE FBiH PRI IMPLEMENTACIJI SOCIJALNIH POLITIKA MEĐUNARODNIH FINACIJSKIH INSTITUCIJA Selma Ljubijankić...	83
PRAĆENJE STANJA - ZAŠTO, KAKO, KOLIKO? Igor Jokanović ...	93
MESTO SAOBRAĆAJA I PUTNE PRIVREDE U SAVREMENOJ EKONOMIJI Ljiljana M. Stošić, Predrag Mihajlović, Marija Mihajlović ...	105
TRANSPORT U SISTEMU ZELENE LOGISTIKE Predrag Mihajlović, Ljiljana M. Stošić, Marija Mihajlović ...	112
NOVI METODOLOŠKI PРИСТУП ИЗРАДИ И СПРОВОЂЕЊУ ПРОСТОРНОГ ПЛАНА ПОДРУЧЈА ПОСЕБНЕ НАМЕНЕ НА ПРИМЕРУ ИНФРАСТРУКТУРНОГ КОРИДОРА АУТО-ПУТА Е-80, ДЕОНИЦА НИШ-МЕРДАРЕ Небојша Стефановић, Олгица Бакић, Саша Милијић ...	117
■ ТЕМА 2 / Утицаји пута и саобраћаја на окружење	
PREGLED TROŠKOVA I EFEKATA KOJI SE OSTVARUJU UVOĐENJEM NAPLATE ZAGUŠENJA Marina Milenković, Draženko Glavić, Anica Kocić, Miloš Petković ...	129
ПОЗИТИВНИ И НЕГАТИВНИ ПРИМЕРИ УВОЂЕЊА НАПЛАТЕ ЗАГУШЕЊА Драженко Главић, Марина Миленковић, Катарина Тадић, Оливера Дамњановић ...	139
UTICAJ NAPLATE KORIŠĆENJA URBANIH DEONICA GRADOVA NA ŽIVOTNU SREDINU Đorđe Sokić, Nemanja Stepanović ...	151
SHARED SPACE CONCEPT IN THE CITY OF BITOLA: MICROSIMULATION ANALYSIS Jasmina Bunevska Talevska, Marija Malenkovska Todorova...	160
ANALIZA UTICAJA SISTEMA NAPLATE PUTARINE NA OKOLINU Draženko Glavić, Marina Milenković, Miloš Petković, Anica Kocić ...	167
ОПОРЕЗИВАЊЕ ПУТНИЧКИХ АУТОМОБИЛА У ЕВРОПСКИМ ЗЕМЛЈАМА У ФУНКЦИЈИ РЕШАВАЊА ЕКОЛОШКИХ ПРОБЛЕМА Snežana Kaplanović, Ivan Ivković, Aleksandar Manojlović ...	177
ENERGETSKI EFIKASNE PASIVNE OPTIČKE MREŽE KAO PODRŠKA INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SISTEMIMA Aleksandra Kostić-Ljubisavljević...	182

UTICAJ PERCEPCIJE OPASNIH MESTA NA INCIDENCIJU NEZGODA U SAOBRAĆAJU Marjana Čubranić-Dobrodolac, Svetlana Čičević ...	194
ЕЛЕМЕНТИ ПУТА И ОКРУЖЕЊА ПОВЕЗАНИ СА БЕЗБЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА Далибор Пешић, Борис Антић, Ненад Марковић, Емир Смаиловић ...	201
UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA Boris Antić, Dalibor Pešić, Krsto Lipovac, Jelica Davidović ...	212
NEGATIVNI UTICAJ PRISTUPA NA POVEĆANJE EMISIJE ŠTETNIH GASOVA NA DEONICAMA DVOTRAČNIH PUTEVA KOJI PROLAZE KROZ MANJA NASELJENA MESTA Marijo Vidas, Vladan Tubić ...	223
ALTERNATIVNI POGON KAO TEHNOLOGIJA SMANJENJA NEGATIVNOG UTICAJA SAOBRAĆAJA NA ŽIVOTNU SREDINU Nemanja Stepanović, Vladan Tubić ...	230
UPOREDNA ANALIZA SADRŽAJA IZDUVNIH GASOVA VOZILA SA OTO MOTORIMA Branimir Đurić, Aleksandar Trifunović, Svetlana Čičević ...	241
PROCENA EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA OD SAOBRAĆAJA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA I I II REDA Aleksandar Manojlović, Snežana Kaplanović, Vladimir Momčilović ...	247
УТИЦАЈ САОБРАЋАЈНОГ ЗАГАЂЕЊА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ Александар Булајић, Петра Тановић, Бранко Савић ...	256
REGULATIVA I PRAKSA IZRADE STRATEŠKIH KARATA BUKE U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU Mimoza Jeličić, Đorđe Mitrović, Dušica Bogičević, Ivana Vuković ...	264
KONTINUIRANA DUGOTRAJNA MERENJA BUKE DRUMSKOG SAOBRAĆAJA U GRADOVIMA Momir Prašćević, Darko Mihajlov ...	271
ЗАШТИТА НАСЕЉА ЦРНОКЛИШТЕ ОД УТИЦАЈА БУКЕ СА АУТОПУТА Е-80 Александар Гајицки ...	283
PUTNA MREŽA U REPUBLICI SRBIJI – PODRAZUMEVANE EKOLOŠKE POSLEDICE Titomir Obradović, Sabina Ivanović, Milica Vujković, Siniša Stojković ...	295

MONITORING ŽIVOTNE SREDINE U ZONI UTICAJA AUTOPUTA E-75, DEONICA BUBANJ POTOK – MALI POŽAREVAC Gorica Aleksić Milosavljević, Snežana Radulović Jevremović, Vladan Tasić, Đorđe Mitrović, Antonije Onjia ...	301
ZELENI PUTEVI – PAMETNO REŠENJE ZA ODRŽIVI RAZVOJ ŽIVOTNE SREDINE Marija Malenkovska Todorova, Jasmina Bunevska Talevska ...	312
UTICAJ IZGRADNJE AUTOPUTA BAR-BOLJARE, DIONICA SMOKOVAC - MATEŠEVO NA FAUNU U ZONI KORIDORA AUTOPUTA Vukica Popadić Njunjić, Ilija Radović, Gorica Aleksić Milosavljević ...	318
ДРВОРЕДИ КАО СТРУКТУРНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗЕЛЕНИХ ПОВРШИНА ГРАДА Мирјана Мешичек, Александар Лисица, Надежда Стојановић, Невенка Галечић ...	326
ГРАДСКЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ БЕОГРАДА КАО КОРИДОРИ ШИРЕЊА ИНВАЗИВНИХ И ПОТЕНЦИОНАЛНО ИНВАЗИВНИХ ДРВЕНАСТИХ ВРСТА БИЉАКА Надежда Стојановић, Мирјана Мешичек, Невенка Галечић, Андреја Тутунџић, Александар Лисица ...	331
SPREČAVANJE KONFLIKATA IZMEĐU ŽIVOTINJA I SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA Ana Vujičić, Darko Batinić ...	337
FITOREMEDIJACIJA I SMANJENJE ŠTETNIH UTICAJA VANGRADSKIH PUTEVA NA ŽIVOTNU SREDINU Darko Batinić, Ana Vujičić ...	347
DRUMSKI SAOBRAĆAJ I FAUNA SISARA U SRBIJI – POSLEDICE I PREDLOZI ZA NJIHOVO SANIRANJE Milan Paunović, Branko Karapandža ...	352
MORTALITET NEKIH PREDSTAVNIKA FAUNE VERTEBRATA NA PUTEVIMA REZERVATA ZASAVICA Mihajlo Stanković ...	365
■ ТЕМА 3 / Утицаји климатских промена и других фактора на саобраћај и путну инфраструктуру	
CLIMATE CHANGE ADAPTATION OF SETTLEMENTS AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE IN SLOVENIA: THE ROLE OF SCENARIO PLANNING Andrej Gulič ...	371

UTICAJ KLIMATSKIH I VREMENSKIH EKSTREMA NA PRIMERU PUTNE MREŽE KOJU ODRŽAVA AD “NOVI PAZAR – PUT” Mirsada Uglić ...	382
БУЈИЧНЕ ПОПЛАВЕ КАО ФАКТОР РИЗИКА ЗА ПУТНУ МРЕЖУ СРБИЈЕ Костадинов Станимир, Драгићевић Славољуб, Стефановић Томислав, Новковић Иван ...	391
REAMBULACIJA VELIKIH VODA U SLIVU REKE KOLUBARE DUŽ TRASE AUTOPUTA „E-763 BEOGRAD - JUŽNI JADRAN“ NAKON POPLAVE MAJA 2014. GODINE Stevan Prohaska, Milan Stojković, Aleksandra Ilić ...	400
ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI DEONICA AUTOPUTA NA KORIDORU 10 I KORIDORU 11 - PRIMERI IZ PRAKSE Nataša Joković ...	411
HIDROTEHNIČKA PROBLEMATIKA IZGRADNJE AUTOPUTA E-761 OD POJATA DO PRELJINE, U DELU KROZ DOLINU ZAPADNE MORAVE Zoran Knežević, Marina Babić Mladenović, Vladislava Bartoš Divac, Nevena Cvijanović ...	423
USKLAĐIVANJE VODOPRIVREDNIH I AUTOPUTNIH REŠENJA HOČKOG VODNOG ČVORA Krajnc Uroš, Boris Stergar ...	436
СНЕЖНИ НАНОСИ НА ПУТЕВИМА Снежана Радуловић Јевремовић, Нада Драговић, Јелена Секуловић, Горица Алексић ...	448
ПРЕДВИЂАЊЕ ФОРМИРАЊА СНЕЖНИХ НАНОСА У ФАЗИ ПРОЈЕКТОВАЊА ПУТЕВА Нада Драговић, Јована Кленпић ...	458
UKLAPANJE PUTA U POSTOJEĆU SREDINU KROZ PROJEKTOVANJE U SKLADU SA KONTEKSTOM Vladan Ilić, Sanja Fric, Filip Trpčevski, Stefan Vranjevac ...	468
ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ САОБРАЋАЈНИЦА – НЕКИ АСПЕКТИ Владета Вујанић, Слободан Недељковић, Милован Јотић ...	477
SANACIJA KLIZIŠTA NA PUTEVIMA SRBIJE SREDSTVIMA IZ FONDA SOLIDARNOSTI EU I BUDŽETA REPUBLIKE Zoran Radić, Zorana Radić, Uroš Đurić ...	483

PROCENA RIZIKA OD KLIZIŠTA NA PUTNOJ MREŽI OPŠTINE KRUPANJ Miloš Marjanović, Biljana Abolmasov, Svetozar Milenković ...	491
УТИЦАЈ ЕКСТРЕМНИХ ПАДАВИНА И МАЈСКИХ БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА 2014. ГОДИНЕ НА ФОРМИРАЊЕ КЛИЗИШТА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА СРБИЈЕ Милован Јотић, Владета Вујанић, Миле Златковић, Кристина Божић-Томић ...	501
ТЕМА 4 / Управљање ресурсима у путној привреди	
SANACIJA, UNAPREĐENJE I ODRŽAVANJE PUTEVA UZ PRIMJENU GEOSINTETIČKIH PROIZVODA U OBLASTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE Olivera Vušović, Sofija Ostojić, Ivan Božović, Aleksandra Jovanović, Ivan Ševaljević ...	513
PRIMJENA GEOSINTETIČKOG KOMPOZITA U CILJU SMANJENJA NEGATIVNIH UTICAJA OTEKLIH VODA SA KOLOVOZA – PRIMJER REGIONALNOG PUTA VIRPAZAR – MURIĆI Marijana Sjekloća, Marija Kustudić, Milivoje Bulatović, Aleksandra Jovanović, Ivan Ševaljević ...	524
SLOPE STABILIZATION SYSTEMS WITH HIGH-TENSILE STEEL MESHES TESTED IN FIRST LARGE SCALE FIELD TEST APPLICATION Corinna Wendeler, Vjekoslav Budimir ...	533
MOGUĆNOSTI PRIMENE CEMENTOM STABILIZOVANIH MEŠAVINA U POSTUPKU HLADNE RECIKLAŽE Simo Tošović, Ksenija Đoković ...	541
TRETMAN KREČOM FINIH GLINOVITIH ZEMLJIŠTA: EKONOMIČNO REŠENJE ZA PODTLO, OSNOVE, NOSEĆE SLOJEVE I ZAVRŠNE SLOJEVE Denayer Christophe, Tebaldi Gabriele ...	547
TASKS, FUNCTIONS AND LEVELS OF COMMUNAL WASTE MANAGEMENT Ivo Dukoski, Nikolche D. Talevski, Toni Peterski ...	557
VRSTE OTPADA KOJE SE GENERIŠU U TOKU IZGRADNJE I KORIŠĆENJA PUTEVA I MERE ZBRINJAVANJA I POSTUPANJA SA GRAĐEVINSKIM OTPADOM Titomir Obradović, Radmila Šerović, Dragana Jelesić, Siniša Stojković, Zoran Veljković ...	564
ISPITIVANJE SVOJSTAVA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA U CILJU PRIMJENE U ASFALTNIM MJEŠAVINAMA Katarina Mirković, Goran Mladenović ...	571

KARAKTERISTIKE ASFALJNIH MJEŠAVINA AB11s SA DODATKOM ELEKTROFILTERSKOG PEPELA Katarina Mirković, Goran Mladenović ...	583
MOGUĆNOST PRIMENE BAKARNE ŠLJAKE U ASFALTNIM MEŠAVINAMA Jelena Đorđević, Goran Mladenović, Ljubomir Marinović ...	595
UTICAJ OTPADNOG JESTIVOG ULJA NA KARAKTERISTIKE MEŠAVINA NOVOG I OSTARELOG BITUMENA Marko Orešković, Goran Mladenović ...	604
UTICAJ IZGRADNJE DRUMSKE OBILAZNICE NA ŽIVOTNU SREDINU NA PRIMJERU GRADA ČAPLJINE (BiH) Nebojša Knežević, Milan Tešanović, Draženko Glavić ...	613
UTICAJ IZGRADNJE AUTOPUTA BAR – BOLJARE, DIONICE SMOKOVAC – MATEŠEVO NA ŽIVOTNU SREDINU Milica Stanišić, Maida Muratović ...	624
УТИЦАЈ ПУТА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ И МЕРЕ ЗАШТИТЕ НА ПРИМЕРУ БРЗЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ ІВ РЕДА БР. 21: НОВИ САД-РУМА Ива Капланец, Снежана Радуловић Јевремовић, Нада Драговић, Јована Кленпић, Владимир Тасић ...	631
PRIMERI DOBRE PRAKSE U TOKU IZGRADNJE AUTOPUTA SA ASPEKTA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE, CASE STUDY E 75, SEKTOR JUG Vukica Popadić Njunjić, Milovan Bekrić ...	640

Уводна реч

Путеви и друмски саобраћај доносе значајне користи у погледу економског и друштвеног развоја, али имају и углавном негативни утицај на околину који се мора узети у обзир у свим фазама животног циклуса пута од планирања, преко пројектовања, изградње и експлоатације, до одржавања.

Савремени развој друштва налаже да се примене принципи одрживог развоја у погледу коришћења материјалних и енергетских ресурса, тако да се потенцира све већа примена алтернативних материјала и извора енергије, као и рециклаже. С друге стране, потребно је да се анализирају и штетни ефекти који су резултат изградње и одржавања путне инфраструктуре и самог одвијања саобраћаја, а који се могу поделити на оне локалног карактера који између осталог укључују загађење воде и ваздуха, буку, и утицај на биљни и животињски свет у зони пута, и на шире ефекте који се огледају у климатским променама и утицају екстремних догађаја који су њихов резултат на стабилност и трајност објеката путне инфраструктуре.

Пета конференција „Пут и животна средина“ је замишљена као наставак претходне серије скупова који су одржани у периоду од 1994. до 2006. године. Више од 70 приспелих и врло квалитетних радова за овај скуп говори о интересовању стручне и научне јавности за ову проблематику, при чему је посебно значајно да сам скуп има наглашен мултидисциплинарни карактер и окупља инжењере који се баве путном инфраструктуром и друмским саобраћајем, али и биологе, социологе, економисте и друге профиле.

Циљеви скупа су да се потенцира значај примене принципа одрживог развоја у изградњи и одржавању путне инфраструктуре, као и у управљању друмским саобраћајем, да се препознају проблеми и дефинишу могућа решења проблема са којима се суочава путна привреда у остваривању циљева заштите животне средине и управљања ресурсима, да се размене искуства и оствари комуникација различитих струка и да се промовише свеобухватан приступ заштити животне средине у свим фазама животног циклуса пута.

Председник Научног одбора



в.проф. др Горан Младеновић, дипл.инж.грађ.

SVET KOJI NESTAJE - UTICAJ IZGRADNJE PUTNE INFRASTRUKTURE NA VLAŽNA I EFEMERNA STANIŠTA

Jasmina Krpo-Četković¹, Sofija Pavković-Lučić i Dragana Miličić

Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet, Studentski trg 16, 11000 Beograd, Srbija
jkrpo@bio.bg.ac.rs, sofija@bio.bg.ac.rs, draganam@bio.bg.ac.rs

Rezime: Mali slatkovodni baseni i efemerne bare predstavljaju osetljiva vodena staništa koja se lako mogu poremetiti pod uticajem različitih faktora. Ova staništa su od esencijalnog značaja za život velikog broja akvatičnih i semiakvatičnih organizama. Međutim, i oblast oko vodenih površina (engl. "life zone") podjednako je važna za kompletiranje njihovog životnog ciklusa, pa se preporučuje zaštita šireg područja u radijusu od 30 do 300 m, a ukoliko vrste ispoljavaju izrazito migratorno ponašanje, neophodno je proširenje ove "bufer-zone" i do 1000 m oko vodenog staništa. Međutim, to u praksi ponekad nije jednostavno ukoliko se u neposrednoj okolini nalazi izgrađena putna ili druga javna infrastruktura. Neke vrste u potpunosti zavise od efemernog staništa. Njihova biologija i ekologija moraju se uzeti u obzir kada se razmatraju bilo kakve aktivnosti u blizini vodenih površina. Usled svoje male veličine, ovi vodeni baseni nisu u fokusu niti zakonodavca, niti planera ni izvođača radova, i najčešće se zanemaruju pri donošenju prostornih i drugih planova. Za njihovo očuvanje potrebno je dobro planiranje građevinskih aktivnosti, obezbeđivanje prirodne zaštitne zone, kao i izgradnja trasa za prolazak životinja. Generalno, veoma je važno podizanje svesti o značaju zaštite i očuvanja efemernih vlažnih staništa kroz edukaciju donosioca odluka, šire zajednice, kao i samih izvođača radova.

Ključne reči: efemerne vode, putevi, zaštitna zona.

DISAPPEARING WORLD – IMPACT OF ROAD CONSTRUCTION ON WETLANDS AND EPHEMERAL AQUATIC HABITATS

Jasmina Krpo-Četković, Sofija Pavković-Lučić i Dragana Miličić

University of Belgrade – Faculty of Biology, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia
jkrpo@bio.bg.ac.rs, sofija@bio.bg.ac.rs, draganam@bio.bg.ac.rs

Abstract: Small freshwater basins and vernal pools or ephemeral ponds are vulnerable aquatic habitats that are easily disturbed under the impact of various factors. These habitats are essential for a number of aquatic and semiaquatic organisms. Furthermore, the area around these waterbodies (or "life zone") is equally important for completion of their life cycles; it is thus recommended that a wider area of a radius between 30 to 300 m should be protected as well, and if present species display distinct migratory behaviour, it is necessary to extend this buffer-zone even up to 1000 m around the waterbody. However, this is sometimes not easily achieved in practice if there is a road or other public infrastructure in vicinity. Some species are completely dependent on their ephemeral habitat. Their biology and ecology must be taken into account when planning any type of activity near such waterbodies. Due to their small size, these waterbodies are not in the focus of neither lawmakers nor planners and contractors, and are widely neglected in spatial and other planning. For their adequate protection, it is necessary to properly plan construction activities, to secure a natural protective zone, and to create habitat corridors. Generally, it is important to raise awareness on significance of ephemeral wetland protection and conservation through education of decision makers, wider communities, and contractors themselves.

Key words: ephemeral ponds, roads, buffer zone

1. UVOD

Između stručnjaka iz oblasti gradnje i onih iz oblasti ekologije često postoje različiti, a nekada i oprečni stavovi po pitanju vrednovanja vlažnih/močvarnih područja. Po pravilu, ljudi koji se bave prostornim planiranjem i izgradnjom, pa i sami građani, o vlažnim područjima razmišljaju kao o "zabarenim pustošima", "jeftinom zemljištu sa potencijalom za razvoj", ili, najčešće, kao o "mestima na kojima se legu komarci". Biolozi i profesionalci iz oblasti ekologije, s druge strane, vlažna područja doživljavaju kao važne delove (lokalnog i regionalnog) ekosistema koje treba zaštititi. Postoji duga istorija neslaganja o tome kako treba tretirati ova područja.

¹ Autor zadužen za korespondenciju: jkrpo@bio.bg.ac.rs

2. VLAŽNA STANIŠTA

Slatkovodna vlažna staništa predstavljaju značajni deo našeg prirodnog nasleđa. Generalno se definišu kao područja sa tranzicionim ekosistemima između kopnenih (terestričnih) i tipično vodenih (akvatičnih), u kojima se voda može zadržavati u manjoj ili većoj meri tokom čitave godine, ili samo tokom dela sezone (Slika 1). Postoji više tipova vlažnih područja: jezera, močvare, bare, ribnjaci, vlažne livade, plavna područja oko reka i potoka itd. (Hobson *et al.*, 1993). Ovako veliki diverzitet staništa omogućava razvoj velikog broja vrsta biljaka, životinja i drugih organizama (algi, gljiva, mikroorganizama). Pri tome, koje vrste mogu naseliti neko močvarno područje umnogome zavisi od uslova okolne sredine.

Veoma zanimljiva i kompleksna vodena staništa predstavljaju najmanji vodeni baseni – efemerne bare. To su mala i osetljiva vodena staništa koja se lako mogu poremetiti pod uticajem različitih spoljašnjih faktora. Bare su efemerne (privremene, nestalne) po svojoj prirodi, pune se u proleće (otapanjem snega, podizanjem nivoa podzemnih voda, putem padavina ili plavljenjem), a potpuno isušuju preko leta. Ove male vodene depresije pružaju vremenski limitiran okvir za odvijanje životnih procesa, ali, i pored toga, one predstavljaju veoma važno stanište za veliki broj akvatičnih i semiakvatičnih organizama. Iako postoje očigledni izazovi za životinje koje koriste efemerno vodeno stanište koje nestaje tokom godine, njegova prednost jeste u tome što je to stanište bez predatora, odnosno riba (Windmiller & Calhoun, 2008).



Slika 1. Izgled tipičnog vlažnog staništa duž putne infrastrukture
(Foto: D. Miličić)

2.1. Živi svet

Vlažna staništa su važna za odvijanje životnog ciklusa kako obligatno akvatičnih, tako i fakultativno akvatičnih vrsta biljaka i životinja. **Fakultativno akvatične vrste** mogu, ali ne moraju, koristiti efemernu baru za kompletiranje svog životnog ciklusa. Ako se u blizini nalazi druga vodena površina (vlažna livada, potok, močvara ili jezero), one mogu koristiti i ove vodene površine da bi kompletirale svoj životni ciklus. Kičmenjaci koji mogu barem povremeno koristiti efemerna staništa za život jesu repati vodozemci, žabe i vodene kornjače. Na primer, juvenilne jedinke vodozemaca (Amphibia) počinju svoj život u vodi, ali se nakon metamorfoze u odrasle jedinke sele na kopno. One moraju napustiti baru pre nego što presuši ili će uginuti, tako da svaka nova generacija napušta vodeno stanište i traži odgovarajuće mesto za život na kopnu (Colburn, 2004). Tokom meseci kada je efemerno stanište isušeno, odrasli vodozemci pronalaze hranu i sklonište u okolnim livadama i šumama. Oni žive pod zemljom ili pod kamenjem, u trulim stablima ili u vlažnom sloju lišća, šumskoj stelji. U fakultativne stanovnike bara takođe spadaju i neki beskičmenjaci: vodeni krpelji – Acariformes, rakovi (veslonišci – Copepoda, vodena semena – Ostracoda, vodene buve – Anomopoda), kao i pojedine vrste insekata (gnjurci – Dytiscidae, gazivode – Gerridae, vodene skorpije – Notonectidae). Pored imaga, u efemernim vodama žive i larve insekata (vilinskih konjica i vodenih devica – Odonata, tularaša – Trichoptera, komaraca – Culicidae, komara – Chironomidae...), kao i neke vrste vodenih člankovitih crva – anelida (Oligochaeta).

S druge strane, **obligatno akvatične vrste** u potpunosti zavise od efemernog staništa. Ove vrste su razvile ubrzane reproduktivne strategije koje im omogućavaju efikasnije korišćenje efemernih uslova u toku aktivnosti koje obuhvataju prekopulatorno ponašanje, parenje i polaganje jaja. S obzirom da je broj obligatnih vrsta mnogo manji u odnosu na fakultativne, one se smatraju tipičnim predstavnicima ovakvih ekosistema (*engl.* "flagship species") i njihova biologija i ekologija moraju se uzeti u obzir kada se razmatraju strategije zaštite i planiraju bilo kakve aktivnosti u blizini ovih vodenih površina (Bowen-Jones & Entwistle, 2002;

Barua, 2011). U najpoznatije "flagship" vrste slatkovodnih efemernih staništa spadaju branhiopodni račići, "živi fosili" kambrijumske starosti (Slika 2) (Vanschoenwinkel *et al.*, 2012). Ovi rakovi ceo život provode u privremenim vodenim basenima i odlično su prilagođeni svom efemernom okruženju. Da bi izbegli predatore koji će naseliti basen do leta, ovi račići se pojavljuju već krajem zime i ranog proleća, i čak se mogu videti kako plivaju pod zaleđenom površinom vode. Oni mogu fiziološki regulisati potrošnju kiseonika i izdržati vrlo niske količine kiseonika u vodi. Plivačke (natatorne) sete im povećavaju površinu ekstremiteta, što dalje povećava mobilnost jedinke i apsorpciju kiseonika. Hrane se filtratorno i predstavljaju važnu kariku između primarnih proizvođača i predatora. Njihova hrana jesu bakterije, fito- i zooplankton i detritus. Oni su plen drugih vodenih organizama, daždevnjaka, žaba i vodenih insekata. Životni ciklus im je složen i prolaze kroz nekoliko presvlačenja dok ne postignu stupanj adulta. Ženke legu jaja pre nego što se baseni osuše. Mogu proizvesti dve vrste jaja: letnja jaja (iz kojih se brzo razvijaju mladi, u istoj sezoni) i zimska jaja (koja padaju na dno basena i ostaju tamo i nakon što se basen osuši). Zimska jaja su obložena tvrdim omotačem, otporna na zamrzavanje i sušenje, i potreban im je period mirovanja kako bi se izlegla. Otvoriće se sledećeg proleća, kada se basen ponovo popuni vodom, a nivo rastvorenog kiseonika bude na vrhuncu. Brzina životnog ciklusa ovih račića jeste impresivna. Sve faze životnog ciklusa, od izleganja jaja, preko nekoliko larvenih stadijuma (naupliusa i nezrelih instara), perioda sazrevanja i reprodukcije i ponovnog polaganja jaja, mogu se završiti za samo 16 dana (Dumont & Negrea, 2002).



Slika 2. "Živi fosil" *Triops cancriformis* – "flagship" vrsta efemernih vodenih basena
(Foto: L. Rubinjoni)

Međutim, sezonske (privremene) bare često se ne prepoznaju kao bitna vodena staništa zbog svoje efemerne prirode. Baseni koji nisu identifikovani ne mogu se zaštititi od aktivnosti koje bi ih mogle poremetiti ili uništiti. To je jedan od razloga zašto površina pod vlažnim staništima rapidno opada tokom poslednjih dekada svuda u svetu, pa i u našoj zemlji. Zanimljivo je da većina efemernih staništa nije nestala usled njihovog direktnog isušivanja, već upravo zbog gubitka ili narušavanja okolnih vodenih površina (*engl.* "life zone"), esencijalnih za život i kompletiranje životnog ciklusa mnogih vodenih organizama. Ova zona obuhvata minimalnu površinu neophodnu za zaštitu i sazrevanje juvenilnih i adultnih jedinke, zajedno sa užom površinom efemernih bara (Burke & Gibbons, 1995; Semlitsch & Bodie, 2003). Drugim rečima, iako neki branhiopodni račić provodi ceo životni ciklus u efemernoj barici (uključujući i fazu desikacije koju preživljava u vidu dormantnog stadijuma), posredno, oblast oko bare za njega je isto toliko važna kao i sama barica. Životinje koje žive u privremenim barama najbolje opstaju ukoliko se oko basena nalaze relativno prirodna staništa, kao što su šume i neobrađena polja. Budući da se ovo zemljište sve više pretvara u površine korisne za čoveka, između ostalog i za izgradnju putne mreže, životinje imaju sve manje pogodnih mesta za život. Što je manji prostor prirodnog staništa oko basena, na raspolaganju je manje hrane i skloništa za njih. Za vrste koje legu svoja jaja na biljnom materijalu, gubitak vegetacije eliminiše mesta za njihovo polaganje. Za vrste koje polažu jaja direktno u vodu, uklanjanje vegetacije smanjuje osenčenost, pa dolazi do povišenja temperature vode i povećanja isparavanja. Ovi efekti naročito su primetni na manjim vodenim površinama.

2.2. Fragmentacija staništa i zone zaštite

Količina i sastav materijala kao što su listovi, drvenasti delovi biljaka i mulj važni su faktori koji određuju tip podloge efemernih voda. Dokazano je da prirodni miris sedimenta "navodi" daždevnjake da se uvek vraćaju u svoj natalni bazen radi parenja, a reproduktivno zrele jedinke sposobne su da pronađu svoj natalni bazen (mesto gde su se izlegle) i posle nekoliko godina (Petranka, 1998). Ukoliko se izgubi ovaj prirodni miris

staništa (narušavanjem njegove hidrologije ili zagađenjem), strani/neprijatni mirisi dovode do toga da se ove životinje više ne mogu vratiti u svoje natalne basene, a bez toga mogu biti brzo eliminisane sa određenog područja. Sastav podloge može se izmeniti i aktivnostima kao što su odlaganje građevinskog materijala, kopanje i punjenje. Vozna mehanizacija takođe može lako oštetiti podlogu bara i naneti štetu organizmima koji se skrivaju ispod sedimenta (Wenning, 2015).

Organizacije za zaštitu životne sredine preporučuju zaštitu šireg područja efemernog basena u radijusu od 30 do 300 m od ivice basena (Semlitsch & Bodie, 2003; Brown & Jung 2005). Ova distanca se zasniva na naučnim istraživanjima ponašanja, kretanja i migracije životinja. Ukoliko na određenom vlažnom području žive vrste koje ispoljavaju izrazito migratorno ponašanje, neophodno je proširenje ove "bufer-zone" i do 1000 m oko efemernog staništa (Morgan & Calhoun, 2012). Međutim, u praksi, ovo ponekad nije jednostavno, s obzirom da se oko efemerne bare i zaštićene zone može nalaziti privatna i javna infrastruktura (zgrade, staze, putevi, parkirališta...). Usled ovakvog antropogenog uticaja ne postoji dovoljno mogućnosti zaštite svih, a naročito obligatno akvatičnih vrsta u efemernim vodama. Njihov način života, uključujući i reproduktivne strategije i ponašanje, u kombinaciji sa uslovima neophodnim za razvoj larvenih stadijuma, mora biti uzet u obzir kada se planiraju bilo kakve aktivnosti od strane čoveka, pa i izgradnja putne infrastrukture. S biološke tačke gledišta, okolna zaštitna zona za mnoge vrste podjednako je značajna kao i natalno stanište u koje se ove vrste moraju vratiti radi reprodukcije. Međutim, trenutni zakoni i praksa u Srbiji ne obezbeđuju adekvatnu zaštitu za mala vodena staništa i očuvanje prirodnog diverziteta u njima. Usled njihove male veličine, oni nisu u fokusu niti zakonodavca, niti planera ni izvođača, i najčešće se zanemaruju pri donošenju prostornih i drugih planova.

Uništavanje i fragmentacija vodenih površina usled proširenja stambenog i komercijalnog zemljišta sa pripadajućim putnom mrežom dovode do stvaranja tzv. "bioloških ostrva", odnosno malih izolovanih vodenih područja (Johnson & Klemens, 2005). Usled toga, životinje moraju da prelaze velike udaljenosti preko otvorenih prostora (saobraćajnica i parkirališta), kao i da savladavaju veće prepreke, kao što su autoputevi i ograde (Forman, 2000; Forman & Deblinger, 2000). Mobilnije životinje su u stanju da pređu preko ovih prepreka, ali uz povećani rizik da na kraju svog putovanja ne pronađu odgovarajuće mesto za život u fragmentiranom krajoliku sa znatno umanjenom površinom staništa. Za većinu životinja, sporo kretanje i specifično ponašanje zaustavljanja i tendencije "zamrzavanja" kada su uplašene (tj. prilikom nailaska automobila), daje malo šanse da prežive prelaz preko prometnijih saobraćajnica (Hels & Buchvald 2001) (Slika 3).



Slika 3. Žabe ispoljavaju migratorno ponašanje i često stradaju u velikom broju prilikom kretanja preko saobraćajnica koje se nalaze u blizini njihovih staništa (Izvor: <https://news.uns.purdue.edu/images/+2008/DeWoody-roadkill.jpg>)

Fragmentirano stanište sa "biološkim ostrvima" znači i smanjen protok gena između populacija, čime se gubi deo genetičke raznolikosti i varijabilnosti. Takođe, može doći i do negativnih promena u samoj populaciji usled ukrštanja jedinki u srodstvu, tj. inbridinga (Vos *et al.*, 2001). Kada se izgubi genetička raznovrsnost, smanjena je i sposobnost populacije da se prilagodi promenama u okruženju, što povećava verovatnoću da ona neće dugoročno preživeti.

2.3. Uticaji izgradnje putne infrastrukture

Sa stanovišta biologa/zaštitara životne sredine, izgradnja novih puteva i putnih infrastruktura na račun vlažnih/močvarnih staništa rezultira izgubljenom prirodnom vegetacijom, sabijenim zemljištem, novoizgrađenim objektima sa veštačkim travnjacima koji zahtevaju održavanje (često neorganskim đubrivima i neorganskim hemikalijama za kontrolu nepoželjnih vrsta). Teška građevinska mehanizacija, operacije čišćenja zemljišta i aktivnosti vezane za uklanjanje površinskog sloja zemlje sa organskim materijama urušavaju pukotine, tunele i rupe za prolazak životinja u zemlji (Randrup, 1998). Uklanjanje panjeva i niske vegetacije (koje životinje koriste za sakrivanje), takođe zauvek uništava njihova staništa, što im ugrožava opstanak. Naslage građevinskog materijala i šuta i nabijeno zemljište bez dovoljno kiseonika nepovoljni su za razvoj korenovog sistema, što zauvek menja hidrologiju područja i ugrožava živi svet u svim fazama životnog ciklusa. Izgrađeni kanali za odvodnjavanje donose sedimente, zagađenje, ali i seme različitih invazivnih/egzotičnih vrsta biljaka sa svakom velikom kišom. Sabijanje tla doprinosi da vodena bujica prelazi preko očvršćenog tla i spira se ka susednim, rastresitijim delovima zemljišta. Dodatno, erozija može doprineti da depresija tla u kojoj se nalazi neka efemerna bara postane dublja i šira, što dovodi do toga da u njoj sada ima više vode, pa faza isušivanja traje duže nego što bi se očekivalo. Ovo dalje utiče na periodičnost i vremensku dinamiku pojedinih faza razvika i može dovesti do bioloških promena i narušavanja odnosa predatora i plena.

2.4. Naša iskustva

I na kraju, dva ilustrativna primera iz Srbije (Miličić *et al.*, 2014). Prvi se odnosi na mala efemerna staništa u dolini reke Nišave u jugoistočnoj Srbiji, u podnožju Parka prirode "Stara planina". Veliki deo ovog područja nalazi se pod livadama, poljima, voćnjacima i pašnjacima, smeštenim između malih šumskih kompleksa i poljoprivrednih zemljišta. Narušavanje staništa započelo je 2005. godine rekonstrukcijom međunarodne železničke pruge ka Sofiji (Republika Bugarska). Deo područja bio je izravnat teškom mehanizacijom, ali uprkos tome, vodena staništa su "preživela" ove intervencije na terenu. Međutim, naredne, 2006. godine, započeta je izgradnja međunarodnog autoputa Koridor 10. Gornji sloj zemljišta potpuno je uklonjen, široka površina prirodnih staništa je uništena, a putna infrastruktura okupirala je čitavo područje (Slika 4). Kao rezultat toga, pejzaž je potpuno promenjen, a preko ranije postojećeg staništa danas prelazi traka novog auto-puta. Na ovom području živelo je nekoliko vrsta branhiopodnih rakova, grupe koja se smatra "flagship" grupom za efemerne bare (Belk, 1998), čije je stanište zauvek izgubljeno.



Slika 4. Prve građevinske mašine u blizini uništenog vodenog staništa na kome je živela vrsta rakova kambrijumske starosti (početak izgradnje Koridora 10)
(Foto: D. Miličić)

Drugi primer je manje drastičan, ali ne i manje upozoravajući. Odnosi se na šumsko-lovno područje Crni Lug koje se nalazi u Sremskom okrugu, u blizini reke Save. Na ovoj teritoriji takođe je zabeleženo prisustvo nekoliko vrsta "flagship" grupe branhiopodnih račića. Sve do 2010. godine vlažna staništa su se prostirala na velikoj površini, odvojena sporadičnom žbunastom vegetacijom. Međutim, lokalna uprava je 2011. godine započela pripreme za izgradnju saobraćajnice. Posekli su vegetaciju i popunili vodene depresije šljunkom.

Samo mali broj jedinki zabeležen je u ostacima prethodno širokog poplavljenog područja. Izgradnjom regionalnog puta 2012. godine došlo je do ozbiljnog i nepovratnog uništavanja staništa na ovoj lokaciji. Voda se povukla sa livada, ali se parcijalno zadržala u obližnjoj šumi i lovištu. Jedna vrsta branhiopodnih rakova (*Lepidurus* sp.) ipak je zabeležena početkom 2013. godine, verovatno zahvaljujući tome što je ova zona proglašena zatvorenim lovištem.

3. ZAKLJUČAK

Očuvanje malih vodenih basena uključuje dobro planiranje građevinskih aktivnosti, ali i sprovođenje dopunskih aktivnosti, kao što su izgradnje trasa za prolazak životinja, održavanje organskih travnjaka i obezbeđivanje prirodne zaštitne zone za održivi razvoj lokalne flore i faune. Lokalne akvatične i semiakvatične životne forme deo su šire ekološke mreže i direktno zavise od regionalnih i lokalnih hidroloških uslova. Zbog toga je važno podizanje svesti o značaju zaštite i očuvanja vlažnih staništa kroz edukaciju šire zajednice, donosioca odluka, kao i samih izvođača radova.

Zahvale

Autorke zahvaljuju Luki Rubinjoniju i doc. dr Imreu Krizmaniću za pomoć oko izrade i izbora fotografija. Koleginici prof. dr Gordani Subakov-Simić zahvaljujemo na kolegijalnoj podršci.

Literatura

- [1] Barua, M. 2011. Mobilizing metaphors: the popular use of keystone, flagship and umbrella species concepts, *Biodiversity and Conservation* 20: 1427–1440.
- [2] Belk, D. 1998. *Global status and trends in ephemeral pool invertebrate conservation: implications for Californian fairy shrimp*. P. 147-150 in: *Witham, C. W.; Bauder, E. T.; Belk, D.; Ferren, W. R. Jr.; Ornduff, R. (Eds.), Ecology, Conservation and Management of Vernal Pool Ecosystems – Proceedings from a 1996 conference*. California Native Plant Society. Sacramento, CA.
- [3] Bowen-Jones E.; Entwistle A. 2002. Identifying appropriate flagship species: the importance of culture and local contexts, *Oryx* 36(2): 189–195.
- [4] Brown, L. J.; Jung, R. E. 2005. An Introduction to Mid-Atlantic Seasonal Pools, EPA/903/B-05/001. U.S. Environmental Protection Agency, Mid-Atlantic Integrated Assessment, Ft. Meade, Maryland (on-line) available at: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P1002R0O.PDF> (24.07.2017)
- [5] Burke, V. J.; Gibbons, J. W. 1995. Terrestrial buffer zones and wetland conservation: a case study of freshwater turtles in a Carolina bay, *Conservation Biology* 9: 1365–1369.
- [6] Colburn, E. A. 2004. *Vernal Pools: Natural History and Conservation*. McDonald and Woodward Publishing, Blacksburg, VA. 426 p.
- [7] Dumont, H. J.; Negrea, S. V. 2002. *Introduction to the class Branchiopoda*. In: *Dumont, H. J. F. (Ed.), Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*. Backhuys Publishers, Leiden, Belgium. 398 p.
- [8] Forman, R. T. T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States, *Conservation Biology* 14(1): 31–35.
- [9] Forman, R. T. T.; Deblinger, R. D. 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) suburban highway, *Conservation Biology* 14(1): 36–46.
- [10] Hels, T.; Buchwald, E. 2001. The effect of road kills on amphibian populations, *Biological Conservation* 99: 331–340.

- [11]Hobson, S. S.; Barclay, J. S.; Broderick, S. H. 1993. *Enhancing Wildlife Habitats: A Practical Guide for Forest Landowners*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, [NRAES-64] Cooperative Extension, Ithaca, N.Y. 172 p.
- [12]Johnson, E. A.; Klemens, M. W. (Eds.). 2005. *Nature in Fragments: The Legacy of Sprawl*. Columbia University Press, New York. 400 p.
- [13]Miličić, D.; Lukić, D.; Nahirnić, A.; Šćiban, M.; Marković, A. 2014. Current status of ephemeral habitats of ancient Crustaceans (Class Branchiopoda) in Serbia with varying degrees of human impact, *Journal of BioScience and Biotechnology (Special Edition)*: 165–170.
- [14]Morgan, D. E.; Calhoun, A. J. K. 2012. *Maine Municipal Guide to Mapping and Conserving Vernal Pool Resources*. University of Maine, Sustainability Solutions Initiative, Orono, ME. 122 p.
- [15]Petranka, J. W. 1998. *Salamanders of the United States and Canada*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 587 p.
- [16]Randrup, T. B. 1998. *Soil compaction on construction sites*. P. 146–153 in: Neely, D.; Watson, G. W. (Eds), *The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*. International Society of Arboriculture, Champaign, Illinois.
- [17]Semlitsch, R. D.; Bodie, J. R. 2003. Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles, *Conservation Biology* 17(5): 1219–1228.
- [18]Vanschoenwinkel, B.; Pinceel, T.; Vanhove, M. P. M.; Denis, C.; Jocque, M.; Timms, B. V.; Brendonck, L. 2012. Toward a global phylogeny of the “living fossil” crustacean order of the Notostraca. *PLoS ONE* 7(4): e34998.
- [19]Vos, C. C.; Antonisse-De Jong, A. G.; Goedhart, P. W.; Smulders, M. J. 2001. Genetic similarity as a measure for connectivity between fragmented populations of the moor frog (*Rana arvalis*), *Heredity* 86: 598–608.
- [20]Wenning, B. 2015. Strategies to Protect Vernal Pools in the Built Environment: Raising Awareness. In: Conservation, Stormwater Management, Wildlife Habitats. (on-line) available at: <http://www.ecolandscaping.org/03/conservation/landscaping-strategies-to-protect-vernal-pools-in-the-built-environment-raising-awareness/> (24.07.2017)
- [21]Windmiller, B.; Calhoun, A. J. K. 2008. *Conserving vernal pool wildlife in urbanizing landscapes*. P. 235-247 in: Calhoun, A. J. K.; deMaynadier P. G. (Eds.), *Science and Conservation of Vernal Pools in Northeastern North America*. CRC Press.

PUTEVI I ZAŠTITA VODNIH RESURSA OD ZAGAĐENJA

Jovan Despotović¹, Jasna Plavšić, Andrijana Todorović, Dragutin Pavlović,
Dušan Prodanović, Ljiljana Janković, Miloš Stanić, Aleksandar Đukić, Nenad Jaćimović,
Marko Ivetić

¹ Univerzitet u Beogradu-Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd
jdespotovic@grf.bg.ac.rs, jplavsic@grf.bg.ac.rs, atodorovic@grf.bg.ac.rs, dpavlovic@grf.bg.ac.rs,
dprodanovic@grf.bg.ac.rs, mstanic@grf.bg.ac.rs, irtcud@grf.bg.ac.rs, djukic@grf.bg.ac.rs,
njacimovic@grf.bg.ac.rs, mivetic@grf.bg.ac.rs

Rezime: Sistemi za odvodnavanje puteva imaju zadatak da na kontrolisan način prikupe i odvedu kišni oticaj sa kolovoza pri pojavi padavina. Osnovni cilj je povećanje bezbednosti saobraćaja jer da se saobraćaj tokom padavina odvija otežano zbog formiranja sloja vode na kolovozu. Osnovni faktori koji utiču na zadržavanje vode na kolovozu i širinu plavljenja su: poprečni i podužni pad kolovoza, rastojanje između slivnika, intenzitet kiše i hrapavost kolovozne površine. Pored povećanja bezbednosti odvijanja saobraćaja u uslovima padavina, pred sisteme za dovodnjavanje puteva se u novije vreme postavljaju i ciljevi očuvanja životne sredine, prvenstveno zaštita vodnih resursa. Istraživanja ukazuju da se na površini kolovoza i okolnom terenu sakupljaju brojna i raznovrsna zagađenja koja su uglavnom potiču od motornog saobraćaja. Tokom kiše stvara se površinski oticaj koji odvaja ova zagađenja od podloge i odnosi ih zajedno sa površinskim oticajem. Zadaci koji se postavljaju pred savremen sisteme za odvodnjavanje puteva podrazumevaju kontrolisano prikupljanje i odvodjenje zagađenog kišnog oticaja sa puteva, po potrebi njegovo zadržavanje i adekvatan tretman, po potrebi, pre ispuštanja u vodoprijemnik. Zahtevani kvalitet vode koje se ispušta sa kolovoza u vodoprijemnike zavisi od lokalnih uslova i vodoprijemnika. Poseban problem može predstavljati pojava akcidentnih zagađenja, i ona zahtevaju posebne organizacione i tehničke mere. U radu je dat pregled problematike zagađenja koja potiču sa puteva i savremni načini rešavanja ovog problema. Ukazano je da položaj trase, geometrijski elementi trase i tip kolovozne površine imaju veliki značaj za odvodnjavanje puta i zaštitu vodnih resursa, pa je potrebno o ovim aspektima voditi računa prilikom planiranja trase i projektovanja puteva.

Ključne reči: putevi, odvodnjavanje, zagađenje, vodni resursi, tretman, akcidentna zagađenja

ROADS AND PROTECTION OF WATER RESOURCES FROM POLLUTION

Jovan Despotović, Jasna Plavšić, Andrijana Todorović, Dragutin Pavlović,
Dušan Prodanović, Ljiljana Janković, Miloš Stanić, Aleksandar Đukić, Nenad Jaćimović,
Marko Ivetić

¹ University of Belgrade – Faculty of Civil Engineering, Kralja Aleksandra Blvd. 73, Belgrade, Serbia

Abstract: Road drainage systems have the task of collecting and draining, in a controlled manner, storm water runoff from the road surfaces during rain events. The main goal is to increase traffic safety, by reducing surface water flow influence on the traffic. The main factors influencing the water retention on the road surface are: transverse and longitudinal slopes of the carriageway, the distance between the drains, the intensity of the rain and the roughness of the pavement surface. In addition to increasing the safety of traffic in rain conditions, in the recent times the environmental protection objectives, primarily the protection of water resources, are required. Research results indicates that numerous and diverse pollutants originating from vehicular traffic are accumulated on road surfaces and adjacent terrain. During the rain events surface runoff is generated which detaches accumulated pollutants from the road surface and carry them downstream with the runoff. Tasks of contemporary road drainage systems also include controlled collection and discharge of contaminated runoff from roads, including, water retention and adequate treatment before discharge into recipient if necessary. The required quality of the water that is discharged from the roadway to the recipient depends on the local conditions and characteristics of water recipient. A special problem can be accidental pollution, and it requires adequate organizational and technical emergency response measures. The paper presents an overview of the pollution problems related to road runoff and the contemporary ways of solving this problem. It is pointed out that the road route, the geometric elements of the route and the type of pavement surface are of great importance for the road drainage and the protection of water resources, so it is necessary to take care of these aspects during road planning and design.

Keywords: Roads, drainage, pollution, water resources, treatment, accidental pollution

¹ Autor za korespondenciju: jdespotovic@grf.bg.ac.rs

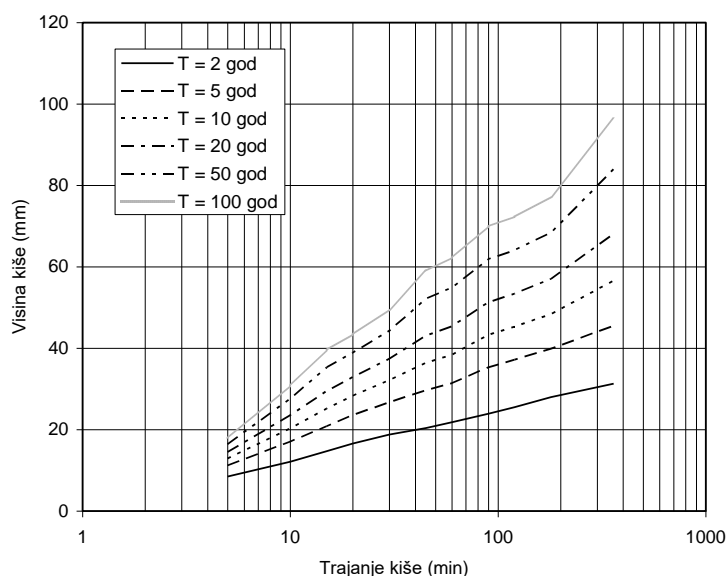
1. UVOD

Sistem za odvodnavanje puta ima zadatak da na kontrolisan način prikupi i odvide kišni oticaj sa kolovoza i neposredne okoline pri pojavi merodavnih padavina. Osnovni cilj je povećanje bezbednosti, imajući u vidu da se saobraćaj tokom padavina odvija otežano zbog formiranja sloja vode na kolovozu. Pored povećanja bezbednosti odvijanja saobraćaja u uslovima padavina, dodatni cilj je očuvanja životne sredine. Pod ovim se podrazumeva naročito zaštita zemljišta i podzemnih voda u okolini trase puta koje mogu biti direktno ili indirektno ugrožene zagađenjima iz oticaja sa saobraćajnicama, kao i zaštitu kvaliteta vodotoka u koje se izlivaju vode saobraćajnica. To podrazumeva primenu mera zaštite prodiranja zagađenja u tlo, kao prečišćavanje sakupljene vode pre ispuštanja u recipijent. Problematika prisutnih zagađenja u oticaju sa saobraćajnicama, kao i varijacije količina i dinamke emisije zagađenja je obrađivana u literaturi [1], [2], [3], [4]. Istraživanja su ukazala i da pojedina zagađenja trajno zagađuju okolinu, što se naročito odnosi na neposrednu okolinu saobraćajnica [5].

2. SISTEM ZA SAKUPLJANJE I TRANSPORT OTICAJA SA PUTEVA

2.1. Hidrološki podaci i analize

Podaci o kišama predstavljaju najvažnije ulazne podatke za proračun oticaja od kišnih voda. U hidrološkim analizama za projektovanje hidrotehničkih objekata koriste se računski kišne epizode. To su hipotetičke epizode čije karakteristike treba da odražavaju karakteristike realnih (osmotrenih) kiša na nekoj lokaciji. Statističkom obradom osmotrenih podataka o kišama fiksiranog trajanja dobijaju se zavisnosti visina – trajanje – povratni period (zavisnosti HTP) ili intenzitet – trajanje – povratni period (zavisnosti ITP). Zavisnosti HTP i ITP za lokacije pluviografskih stanica u Srbiji mogu se dobiti u Republičkom hidrometeorološkom zavodu. Na slici 1 dat je primer zavisnosti HTP za pluviografsku stanicu Beograd-Vračar (period obrade 1925-1989).



Slika 1: Primer zavisnosti HTP za pluviografsku stanicu Beograd-Vračar (period 1925-1989); izvor: [6].

Za proračun merodavnih protoka vode sa kolovoza mogu se koristiti različite metode, a u praktičnim proračunima najčešće se koristi se Racionalna teorija, odnosno predpostavlja se da se merodavan protok ostvaruje kada je vreme koncentracije sliva jednako vremenu trajanja kiše. Takođe, veoma često se računa sa konstantnim intenzitetom kiše što može biti prihvatljivo za male slivove, ali kod većih slivova treba ispitati i uticaj vremenske ili prostorne varijacije kiše.

Sistem za odvodnjavanje se projektuje tako da se pri padavinama zahtevanog povratnog perioda ostvari širina plavljenja kolovoza koja je manja od dozvoljene. Kod autoputeva i puteva na kojima je računski brzina veća od 75 km/h, merodavne su kiše povratnog period od 10 godina. Za puteve nižeg ranga, usvaja se povratni period kiša od 5 godina.

Konstrukciju zavisnosti HTP (i ITP) prate razni problemi koji mogu dovesti do velikih neizvesnosti u vezi sa rezultujućim računskim kišama. Većina ovih problema potiče od grešaka u merenju i obradi podataka merenja padavina, ali poslovični nedostatak ovih merenja dovodi inženjere u praksi do toga da zavisnosti

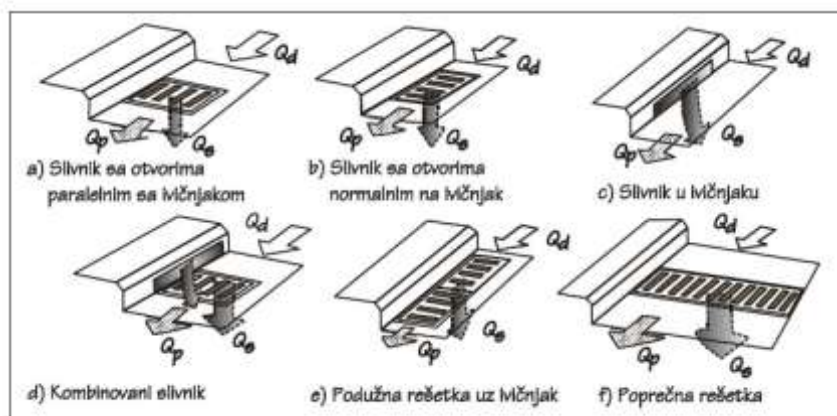
HTP određuju na osnovu skromnih raspoloživih podataka, bez sagledavanja neizvesnosti koje postoje. Metodologija za konsistentno određivanje HTP zavisnosti primenjena je na primeru meteorološke stanice Banja Luka [7].

Velike neizvesnosti u podacima potiču od izrazite prostorne neravnomernosti padavina, koja često nije praćena odgovarajućim brojem kišomera. Stoga je finija prostorna rezolucija osmatranja padavina od suštinske važnosti za bolje upravljanje oticajem.

Dodatni problem u analizi osmatranja padavina i određivanje merodavnih kiša predstavlja uticaj urbanizacije i klimatskih promena. U lit. [8] su analizirali trendove u pokazateljima padavina, koji su određeni na osnovu 100 godina dugog niza osmatranja dnevih padavina na stanici „Vračar“ u Beogradu. Pokazatelji su definisani tako da odražavaju prosečne i ekstremne događaje, dok su za detekciju trendova u nizovima pokazatelja primenjena četiri statistička testa. Ova analiza nije ukazala na statistički značajne trendove u srednjim vrednostima većine razmatranih parametara, s tim da je kod većine parametara detektovan porast u varijansi. Pretpostavljeno je da se odsustvo trendova u srednjim vrednostima mogu biti posledica eventualnog prisustva cikličnosti u nizovima. U lit. [9] su uporedo analizirani prisustvo trendova i cikličnosti u pokazateljima ekstremnih padavina na tri meteorološke stanice u Srbiji. Rezultati su pokazali odsustvo statistički značajnu cikličnost, ali da periodičnost ima veliki uticaj na varijabilnost u nizovima. Iako značajni trendovi ni periodičnost nisu identifikovani na razmatranim stanicama, ovakve statističke analize bi trebalo da prethode određivanju merodavnih padavina.

2.2 Sakupljanje kišnog oticaja

Kišni oticaj sa kolovoza se prikuplja tako što se voda poprečnim i podužnim padom kolovoza usmerava da teče uz ivičnjak do slivnika gde se, zavisno od prijemne sposobnosti i efikasnosti slivnika, deo proticaja prihvati i uvede u sistem za odvođenje kišnog oticaja (kolektori i/ili kanali) i vodi do mesta izlivanja. Postoji nekoliko tipova slivnika koji su u standardnoj upotrebi za prikupljanje vode sa kolovoza (Slika 2)

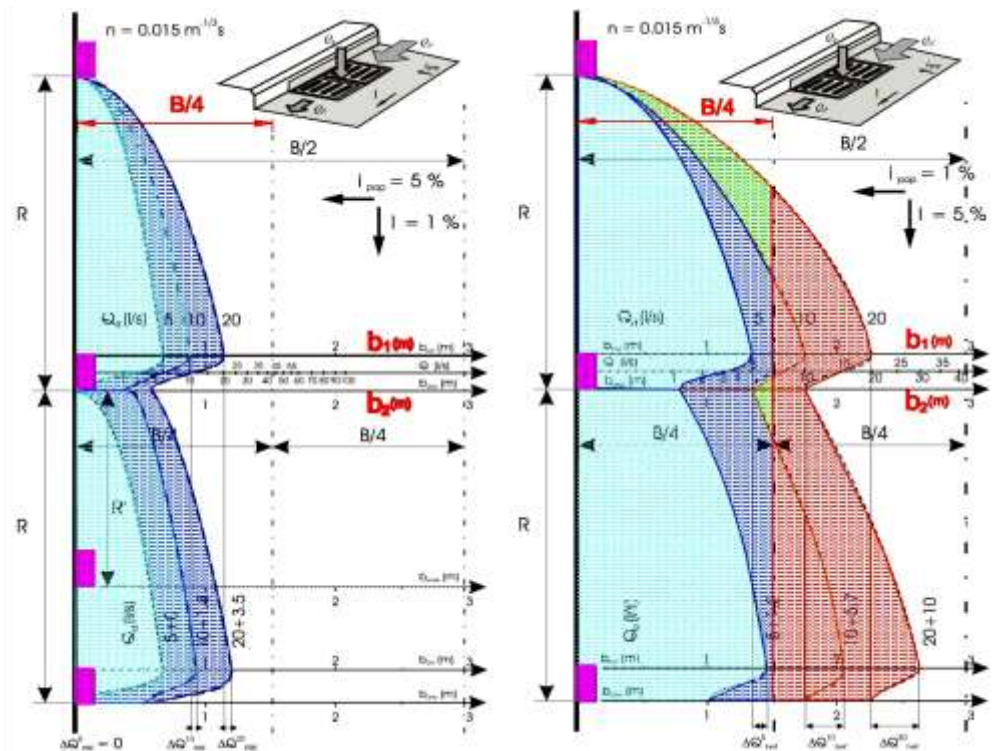


Slika 2: Shematski prikaz tipova slivnika

Posebnu pažnju treba posvetiti prijemnoj moći slivnika, koja zavisi od tipa slivnika, njegove geometrije i brzine kojom kišni oticaj, koji teče uz ivičnjak, nailazi na slivnik. Prijemna moć slivnika (Q_i) zavisi od tipa slivnika, njegove geometrije i brzine kojom kišni oticaj, koji teče uz ivičnjak, nailazi na slivnik. Efikasnost slivnika E se definiše kao odnos između protoka koji slivnik prima i dotoka koji stiže do slivnika tečenjem uz ivičnjak: $E = Q_i / Q$. Kod proračuna efikasnosti slivnika koji se postavljaju uz ivičnjak, koji se najčešće primenjuju za odvodnjavanje puteva, potrebno je sračunati deo protoka koji frontalno nailazi na slivnik širine w (Q_w) i preostali, bočni deo protoka, koji se kreće paralelno sa unutrašnjom ivicom slivnika (Q_s) [10]. Potrebno je sprovesti proračune rasporeda i kapaciteta slivnika kako bi se obezbedilo da merodavni protok bude u potpunosti sakupljen. Određivanje rastojanja između slivnika je iterativan postupak. Na mestima gde se geometrija trase menja (raskrsnice, petlje, promena poprečnog i podužnog pada), treba postaviti dodatne slivnike za prihvatanje protoka koji poslednji slivnik u nizu nije prihvatio. Na Slici 3 je prikazan uticaj nagiba kolovoza na kapacitet slivnika i plavljanje kolovoza.

Domaća iskustva iz prakse ukazuju da se adekvatni i kompleksni proračuni rastojanja i rasporeda slivnika na putevima ne rade često, već da se slivnici "iskustveno" raspoređuju, što ima negativne posledice po efikasnost odvodnjavanja i učestalost plavljenja puteva.

Poseban problem predstavlja održavanje slivnika i sistema za odvodnjavanje puteva u našoj zemlji, koga je neophodno unaprediti.



Slika 3: Shematski prikaz plavljenja kolovoza pri padavinama različitog povratnog perioda i za različite nagibe kolovoza

2.3. Transport sakupljenog oticaja

Kišni oticaj sakupljen slivnicima se gravitacijom odvodi mrežom kolektora i/ili otvorenih kanala do mesta izliva. Odvođenje čistih i zagađenih atmosferskih voda koliko je to moguće treba da bude razdvojeno. Zagađenom vodom se smatra sva voda koja otiče sa samog kolovoza. Otpadne vode sa drugih lokacija (benzinske stanice, moteli, itd.) ne smeju biti priključeni na sistem odvodnjavanja puta. Izuzetak predstavlja samo voda sa površina za parkiranje pored puta.

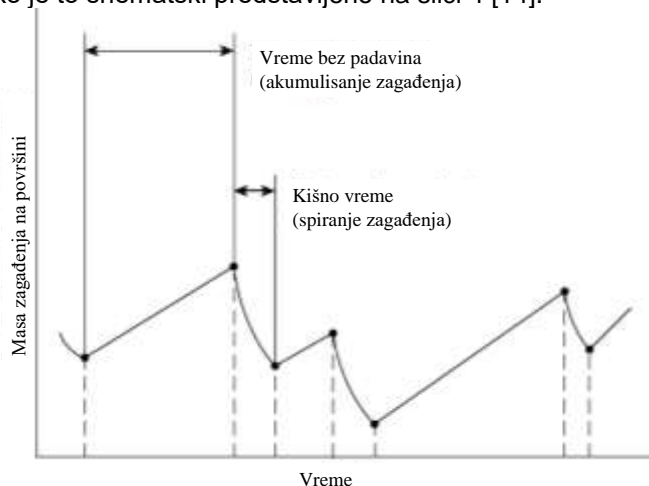
Odvođenje vode može biti zasnovano na: (a) otvorenim kanalima, (b) zatvorenim kolektorima ili (c) kombinovan sistem. Ova podela je zasnovana na načinu na koji se kišni oticaj vodi do izliva. Česta je terminološka zabuna, vezana za pojam otvorenih i zatvorenih sistema, jer se isti termini (otvoreni i zatvoreni sistemi) istovremeno odnose i na kontrolu potencijalno zagađenog kišnog oticaja sa kolovoza, gde se pod pojmom zatvoren sistem podrazumeva onaj sistem kod koga se ne dozvoljava mešanje kišnog oticaja sa kolovoza sa nezagađenim kišnim oticajem koji prema putu gravitira sa okolnog terena. Dakle pod otvorenim sistemom se, u smislu odvođenja kišnog oticaja, podrazumeva sistem u kome se kišni oticaj sa kolovoza odvodi otvorenim kanalima, a zatvoren sistem se sastoji od mreže kolektora. Jasno je da je najčešće slučaj da je, dobro projektovan zatvoren sistem u smislu odvođenja kišnog oticaja, istovremeno i zatvoren sistem u smislu mogućnosti kontrole i prečišćavanja zagađenja, jer se jednostavno može obezbediti da samo kišni oticaj sa kolovoza ulazi u kolektore, što je neophodno ukoliko je zahtev da se oticaj prečišćava pre izlivanja. Međutim i kod otvorenih sistema je moguće postići ovaj cilj, ali je potrebno projektovati poseban sistem za prikupljanje i odvođenje pribrežnih voda, kako bi se sprečilo mešanje zagađenog kišnog oticaja sa kolovoza i oticaja sa prirodnih slivnih površina koje gravitiraju ka trasi puta. Prednost otvorenog sistema je što, po pravilu zahteva manje investicije i što se, u uslovima kada se ne zahteva prečišćavanje kišnog oticaja, mogu koristiti isti kanali za prihvatanje celokupnog kišnog oticaja.

Sistem za odvodjavanje mora imati dovoljan kapacitet da propusti merodavan protok, a dodatni uslovi koji se postavljaju odnose se na maksimalne i minimalne dopuštene brzine toka i ispunjenost proticajnog profila. Prethodni uslovi i ograničenja bi se mogli nazvati hidrauličkim. Druga grupa ograničenja su geometrijska i odnose se na zahtevanu minimalnu i maksimalnu dubinu ukopavanja, visinski položaj izliva, ograničenja koja se odnose na ukrštanje sa postojećom infrastrukturom (saobraćajnom infrastrukturom, vodotocima i kanalima, kanalizacionim i vodovodnim cevima). Osim navedenih, postoje i ograničenja iz projektantske prakse. Na primer kod zatvorenih sistema se zahteva da prečnik nizvodnog kolektora mora biti jednak ili veći od prečniku uzvodnog profila.

3. ASPEKTI KVALITETA POVRŠINSKOG OTICAJA SA PUTEVA

3.1 Poreklo i vrsta zagađujućih materija u oticaju sa puteva

Kvalitet vode koji se sliva sa površine puteva direktno zavisi od aktivnosti koje se odvijaju na i oko puteva. Tako, različite materije se akumuliraju na površini i spiraju kišnim oticajem u slučaju izgradnje puteva, tokom aktivnosti održavanja puteva, tokom redovnog odvijanja saobraćaja, ili pojave akcidenta [5]. Izučavanje uticaja saobraćaja i puteva na zagađivanje vodnih resursa je započelo početkom 1970-ih godina u SAD, gde je 1974 godine objavljen prvi izveštaj o sistematski sprovedenim istraživanjima ovih pojava [11]. Akumulacija zagađenja na nepropusnim površinama puteva vrši se u periodima bez padavina, kada se mešavina materija prirodnog i antropogenog porekla sakuplja na površinama. Akumulacija materije se usporava tokom vremena tako da se masa zagađenja po jedinici površine asimptotski približava maksimumu, koji zavisi od niza lokalnih faktora, uključujući atmosfersko zagađenje, položaj površine u odnosu na izvore zagađenja, karakteristike same površine, način korišćenja površine i drugo [12]. Pokretanje ovog akumulisanog zagađenja sa površine tokom kiše je složen proces koji zavisi od niza faktora, uključujući i tip i osobine zagađujućih materija. Zbirno delovanje svih ovih uticajnih faktora dovodi do pojave spiranja zagađenja koje se odvija različitim intenzitetima tokom jedne kišne epizode, i može dovesti do pojave prvog spiranja zagađenja, ali postoje primeri slivova gde nije izražena pojava prvog spiranja [13]. Količina zagađenja na urbanim površinama i putevima stalno menja kroz vreme u zavisnosti od dinamike smene sušnih i kišnih peiroda, kako je to shematski predstavljeno na slici 4 [14].



Slika 4. Shematski prikaz pomene ukupne količine zagađenja na površini kroz vreme usled smene perioda sa i bez padavina

U proteklih nekoliko decenija, širom sveta, sprovedena su raznovrsna istraživanja usmerena ka utvrđivanju dinamike spiranja i ispuštanja zagađenja sa nepropusnih površina [13], [14]. Istraživanja ukazuju da oticaj sa urbanim površina i saobraćajnica može sadržati niz zagađenja antropogenog porekla [14]:

- uvećana organska zagađenja, iskazana kao hemijska potrošnja kiseonika (HPK), ukupni organski ugljenik (TOC) ili petodnevna biohemijska potrošnja kiseonika (BPK₅), su blago ili umereno izražena, i uglavnom vode poreklo sa okolnog zemljišta i zelenih površina;
- suspendovane materije se smatraju najviše izraženim zagađenjem u oticaju sa saobraćajnica jer su prisutne u značajnim koncentracijama i imaju tendenciju vezivanja, naročito na najsitnijim frakcijama čestica, drugih zagađenja kao što su teški metali, PAH i druga specifična zagađenja;
- teški metali, kao što su Cu, Pb, Cd, Ni, Cr i Zn su prisutni u oticaju u pretežno u nerastvornom obliku [15] u širokom opsegu koncentracija, prvenstveno u zavisnosti od intenziteta saobraćaja;
- ulja, masti i naftni ugljovodoni su prisutni u oticaju pri akcidentnom zagađenju;
- jedinjenja azota i fosfora su prisutna u oticaju ukoliko postoji veće spiranje sa zelenih površina, ili specifična aerozagađenja koja sadrže ove materije;
- druga specifična zagađenja, kao što su PAH, volatilne materije i specifični polutanti mogu se javiti u površinskom oticaju u zavisnosti od raznih faktora.

Istraživanja ukazuju da su veće količine zagađenja vezana za sitnije frakcije čestica [14] što limitira efekte telozjenja kao procesa za efiksno uklanjanje zagađenja iz oticaja.

Istraživanja ukazuju na veliku varijabilnost po prostoru i vremenu parametara zagađenja [13], [14]. Lokalne specifičnosti su veoma izražene, a na osnovu obimnih istraživanja u SAD, u tabeli 1 su date tipične vrednosti godišnjih opterećenja zagađenjem od oticaja sa različitih tipova površina [14].

Tabela 1. Tipična godišnja opterećenja zagađenjem od oticaja sa jedinice površine različitih namena, izražena u kg/ha/god [14]

Parametar	Tip površine - način korišćenja zemljišta						
	Komercijalna	Stanovanje (velika gustina)	Stanovanje (srednja gustina)	Stanovanje (niska gustina)	Industrija	Putevi	Parkirališta
TSS	1100	450	270	10	550	1000	450
TP	1,7	1,1	0,4	0,05	1,5	1,0	0,8
TKN	7,5	4,7	2,8	0,3	3,7	8,9	5,7
BPK ₅	70	30	15	1	-	-	53
HPK	470	190	60	10	230	-	300
Pb	3,0	0,9	0,06	0,01	0,2	5,0	0,9
Zn	2,3	0,8	0,1	0,05	0,4	2,3	0,9
Cu	0,4	0,03	0,03	0,01	0,1	0,4	0,07

3.2 Zahtevi regulative u pogledu zaštite voda od zagađenja u kišnom oticaju

Zagađenje od oticaja sa urbanih površina, saobraćajnica i puteva je kompleksna pojava zavisna od lokalnih specifičnosti. Stohastička priroda padavina, promenljivost izvora zagađenja i opterećenja, uticaj infrastrukture, različite vrste sistema za kontrolu oticaja i uticaji životnih navika stanovništva su samo primeri onoga što doprinosi ovoj kompleksnosti. Ove karakteristike su drugačije u poređenju sa aspektima zagađenja sa urbanih površina tokom sušnog vremena. Posledice su da zakoni i propisi moraju biti posebno formulisani u skladu sa karakteristikama oticaja tokom kišnog vremena [14].

Važno pitanje u vezi propisa u ovoj oblasti je pitanje ko je odgovoran za ispuštanja zagađenja usled kišnog oticaja sa urbanih i kolovoznih površina. Kod opšteg sistema kanalizacije za rad sistema su odgovorni nadležno javno komunalno preduzeće ili lokalna samouprava. Vlasništvo nad kišnom kanalizacijom kod separacionog sistema kanalizacije je često manje jasno definisano, a često ovi sistemi pripadaju lokalnoj samoupravi ili se smatraju kao deo saobraćajnica.

Regulativa u SAD

U SAD se već niz decenija sprovode veoma obimna istraživanja kvaliteta kišnog oticaja sa urbanih površina i saobraćajnica. SAD su praktično prva zemlja koja je uvela u regulativu kontrolu i regulisanje oticaja, i ona postoji i na saveznom i na državnom nivou [14].

Savezni zakon za kontrolu zagađenja voda, poznatiji kao Zakon o čistoj vodi (*CWA - Clean Water Act*) datira iz 1972. godine, i njime je uspostavljen osnovni okvir za regulisanje ispuštanja zagađujućih materija u površinske vode. Američka agencija za zaštitu životne sredine (*U.S. EPA - United States Environmental Protection Agency*) je dobila ovlašćenje da sprovodi programe za kontrolu ispuštanja zagađenja, kao i postavljanje standarda kvaliteta vode u pogledu sadržaja zagađenja u površinskim vodama.

Zakon o čistoj vodi zahteva da svi tačkasti izvori koja ispuštaju zagađujuće materije u vodoprijemnike moraju dobiti dozvolu Nacionalnog sistema za eliminaciju ispuštanja zagađenja (*NPDES - National Pollutant Discharge Elimination System*). Većina ispuštanja atmosferske vode se smatra tačkastim izvorima zagađenja i stoga moraju biti pokriveni NPDES dozvolama. Kao posledica, uvode se mere za kontrolu ispuštanja atmosferskih voda u vodoprijemnike, i one se vezuju za primenu najbolje prakse upravljanja (*BMP - Best Management Practice*). Na ovaj način se obuhvataju i rešavaju problemi u pogledu povećanja zapremine i ubrzanja oticaja, kao i ispuštanja zagađujućih materija [14].

Regulativa u Evropskoj Uniji

Evropski Parlament i Evropska Komisija su 2000. godine usvojili Okvirnu direktivu o vodama EU (*Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy - WFD*). Ambicija ove direktive je bila da se uspostavi okvir za zaštitu kopnenih površinskih, priobalnih i podzemnih voda u Evropskoj Uniji. U tom smislu krajnji cilj je da se u vodama postignu koncentracije supstanci koje su prirodno prisutne u vodama na nivou njihovih koncentracija u prirodi, i blizu nule za sintetičke supstance antropogenog porekla. WFD formuliše kao cilj dostizanje dobrog hemijskog i ekološkog statusa svih vodnih tela [14]. Osnovni način za primenu WFD je izrada i sprovođenje Planova upravljanja vodama po slivovima, koji se pripremaju za cikluse implementacije dužine 6 godina.

WFD ne sadrži detaljne planove o tome kako upravljati atmosferskim oticanjem i zagađenjima u njima. Međutim, zagađenje koje vodi poreklo sa urbanih i kolovoznih površina i njegov potencijalni uticaj na kvalitet vode bi trebalo da pridobije veću pažnju zbog uslova u pogledu upravljanja vodama i dostizanja dobrog statusa voda koje je postavila WFD [14].

Iako se koncentracije ili opterećenja zagađenjem teoretski mogu meriti na ispustima kišne kanalizacije i mestima upuštanja površinskog oticaja u vodoprijemnike, varijabilnost proticaja i parametara kvaliteta u okviru jednog događaja i između više događaja, čini kontrolu sa praktične tačke gledišta veoma teškom, ako ne i nemogućom. Stoga se obično ne uvode u praksu standardi kvaliteta vode na ispustima kišne

kanalizacije već se regulatornim telima, koja su nadležna za upravljanje i kontrolu protoka u kanalizacionim sistemima u kišno vreme, potrebni drugi načini kontrole i upravljanja. Najčešće se primenjuju procedure primene najboljih raspoloživih tehnologija (*BAT - Best Available Technology*) i procedure izrade i prihvatanja procene uticaja na životnu sredinu [14].

Regulativa u Republici Srbiji

U zakonskoj regulativi Republike Srbije nigde se posebno ne obrađuje problematika kontrole količina i kvaliteta površinskog oticaja sa urbanih površina i saobraćajnica. Skupština Republike Srbije je 2010. godine usvojila Zakon o vodama koji uključuje jedan deo osnovnih postavki iz WFD, uključujući obavezu dostizanja dobrog statusa vodnih tela. Međutim, kasni izrada i usvajanje podzakonskih akata i planova upravljanja vodama. Redovni monitoring količina i kvaliteta voda u sistemima za odvodnjavanje urbanih područja i saobraćajnica do danas praktično nije uspostavljen.

3.3. Opšte o pristupu zaštiti vodnih resursa od zagađenja kojse se spira sa puteva

Očuvanje kvaliteta prirodnih voda uslovljava odgovarajuću zaštitu površinskih i podzemnih voda, gde prvenstvo ima očuvanje kvaliteta vode izvorišta vode za piće. Vodne resurse ugrožavaju brojni zagađivači, uključujući i saobraćaj na putevima i zagađenja koja se spiraju sa puteva koji se protežu preko vodonosnih područja. Ovaj specifičan vid ugrožavanja vodnih resursa može biti:

- stalno zagađenje, na svakodnevnoj osnovi, i
- vanredno (akcidentno) zagađenje, koje je rezultat kvarova vozila ili saobraćajnih udesa.

Prilikom izrade tehničke dokumentacije i izbora trase puta obavezno je ispitati da li trasa puta prelazi preko:

- zona zaštite izvorišta vode za piće,
- područja koja uživaju neki stepen zaštite životne sredine (park prirode, predeo izuzetnih odlika, nacionalni park, i dr.),
- resursa podzemne vode,
- vodotoka i kanala.

U zavisnosti od toga sa kojim vodnim resursima se trasa puta ukršta potrebno je pribaviti uslove za projektovanje od nadležnih organa lokalne samouprave, zaštite životne sredine i vodoprivrede koji moraju biti poštovani tokom projektovanja, izgradnje i eksploatacije puteva. Za ove potrebe od krucijalne važnosti je da u fazi projektovanja postoji potreban obim podataka istražnih radova o geološkim, hidargeološkim i hidrološkim odlikama tla i vodnih tela u okolini trase puta. Mere zaštite treba da budu prilagođene lokalnim specifičnostima, odnosno osetljivosti i povredivosti resursa podzemnih voda, a ako se oticaj sa puteva izliva u površinske vode prilikom koncipiranja mera treba voditi računa o karakteristikama i statusu tog vodnog tela.

3.4 Principi uspostavljanja mera za kontrolu oticaja sa puteva

Efekte od zagađenja u oticaju mogu biti akutni i hronični. Protiv akutnih efekata treba se boriti prevencijom i akcionim planovima pri akcidentima. Dugoročni (hronični) efekti zagađenja nose rizik od nedostizanja propisanog statusa vodnog tela u koje se oticaj izliva. Pristup ovoj problematici u zakonodavstvu EU, a delom i u Srbiji, je da sva ispuštanja u vode budu takva da ne naruše dobar status vodnih tela. Ovo ukazuje da je krajnji cilj smanjenje negativnih uticaja od ljudskih aktivnosti, odnosno od izgradnje i saobraćaja. Kako istraživanja ukazuju da emisija zagađenja prvenstveno zavisi od visine kiše [16], mere i tehnička rešenja moraju biti usmerene ka smanjenju (kontroli) oticaja i kontroli kvaliteta oticaja od kiše određene ukupne visine padavina, određene prema specifičnostima konkretnog sliva i karakterisitkama vodoprijemnika.

Sistemi koji za primarni cilj imaju odvođenje, kontrolu i smanjenje količina urbanog kišnog oticaja uz poboljšanje njegovog kvaliteta najčešće su: Održivi sistemi za odvođenje urbanog oticaja (eng. *Sustainable Urban Drainage Systems – SUDS*) ili Sistemi sa niskim negativnim uticajima od urbanizacije (eng. *Low Impact Development Systems – LID*). Da bi ovi sistemi mogli da ispune zahteve koji se pred njih postavljaju potrebno je da budu takav da u što većoj meri oponašaju prirodne procese na slivu.

Metode za kontrolu količina oticaja

Kontrola količina otekle kišne vode obuhvata [17] sledeće :

- Infiltracija - ocedivanje vode kroz tlo radi smanjenja količina otekle vode. Kada podzemna voda nije previsoka i nema rizika od njenog zagađivanja rešenje je poželjno.
- Zadržavanje vode predstavlja prihvatanje ili usporavanje vode pomoću suvih depresija, jezera ili podzemnih objekata. Ove metode smanjuju vrh poplavnog talasa, ali ne smanjuju količine otekle vode.
- Prenos vode je neophodna karika u lancu povezivanja pojedinih komponenti i predstavlja kontrolisani prenos količina vode sa jednog na drugo mesto površinskim kanalima, kolektorima ili rovovima.

- Korišćenje kišnih voda, npr. za navodnjavanje, pranje ulica i sl. u zavisnosti od lokalnih uslova. U analizama se mora uzeti u obzir prostor za zadržavanje vode, pouzdanost i aspekti kvaliteta vode.

Metode za kontrolu kvaliteta oticaja

Kontrola kvaliteta otekle vode postiže se primenom različitih metoda, u zavisnosti od kriterijuma. Metode se mogu kombinovati na više načina, pri čemu se često primenjuju simultano sa metodama za kontrolu količine oticaja. Najčešće korišćene metode su [17]:

- Talozenje je jedan od primarnih načina prečišćavanja kišnih voda. Najveći deo zagađenja u oticaju je vezan za suspendovane čestice, te se njihovim taloženjem smanjuje količina zagađujućih materija.
- Filtracija i biofiltracija kroz zemljište, agregat ili veštačke materijale (geotekstil) uklanja materije filtracijom a u filterskom materijalu se mogu odigrati biohemijski procesi uklanjanja organske materije i nutrijenata.
- Adsorpcija predstavlja vezivanje zagađenja za površinu čvrstih čestica. Materijal kroz koji protiče zagađena voda vremenom je zasićen pa prestaje proces adsorpcije. Postoje različiti mehanizmi sorpcije.
- Biodegradacija predstavlja biološki proces uklanjanj pojedinih zagađenja uz pomoć mikroorganizama.
- Isparavanjem voda iz mešavine prelazi u gasovitu fazu i formira se talog.
- Precipitacija je metod tretmana gde se ubacuju soli metala koje reaguju sa rastvorenim metalima u vodi stvarajući nerastvorena jedinjenja, koja se zatim uklanjaju iz vode taloženjem.
- Upijanje biljaka - biljke vodi koriste jednjenja fosfora i azota iz vode i ugrađuju ih u biomasu, uz upijanje i drugih materija iz vode (sulfati, teški metali).
- Nitrifikacija je proces oksidacije amonijaka i amonijum jona do nitrata.
- Fotoliza je proces gde UV zraci rastvaraju organskih materija.

U tabeli 2 dati podaci o mogućim načininima uklanjanja najviše zastupljenih zagađenja u oticaju [17].

Tabela 2. Mehanizmi prečišćavanja različitih vrsta zagađenja

Zagađenje	Mehanizam uklanjanja
Nutrijenti (Fosfor, Azot)	Sedimentacija, biodegradacija, precipitacija, denitrifikacija.
Suspendovane materije	Sedimentacija, filtracija
Ugljovodonici	Biodegradacija, fotoliza, filtracija, adsorpcija
Metali: Pb, Cu, Cd, Hg, Zn, Cr, Al	Sedimentacija, adsorpcija, filtracija, precipitacija, upijanje od biljaka
Pesticidi	Biodegradacija, adsorpcija, isparavanje
Hloridi	Prevenција
Cijanidi	Isparavanje, fotoliza
Plivajuće i lebdeći predmeti	Zadržavanje na rešetkama, izdvajanje na dnu i bokovima kanala, uklanjanje u redovnom čišćenju i održavanju
Organske materije	Sedimentacija, filtracija, biodegradacija

Metode za kontrolu akcidentnog zagađenja

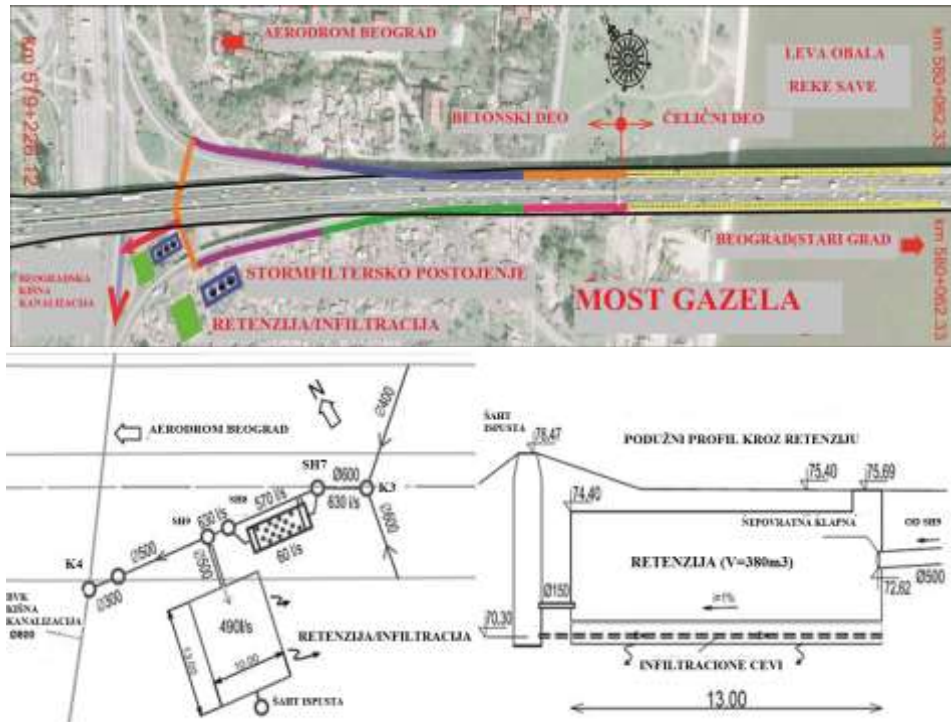
Metode za kontrolu akcidentnog zagađenja uključuju tehničke sisteme (kolektori, prihvatni bazeni, prelive, i sl.) i organizacione mere (tzv. planovi delovanja u akcidentnim situacijama) koji imaju za cilj da spreče nekontrolisano izlivanje zagađenja sa puta u životni sredinu u slučaju prosipanja veće količine zagađenja (npr. usled kvara vozila ili saobraćanog udesa). Osnovni problem tehničkih sistema u prošlosti je što su zahtevali stalni ljudski nadzor nad njihovim radom i brzo delovanje ljudskog faktora da bi se bar donekle ublažile posledice akcidenta. U novije vreme ovi problemi se prevazilaze primenom odgovarajućih sistema monitoringa i transfera mernih veličina, sa autonomnim upravljačkim sistemima koji se bazaraju na stalnom praćenju pojedinih parametara kvaliteta oticaja, registrovanjem anomalija u merenim podacima, odnosno akcidenta, i automatskim pokretanjem procedura delovanja u akcidentnim situacijama. Primer uspešne primene ovakvih sistema je na nedavno izgrađenim autoputevima u severnoj itaiji [18].

3.5 Primeri projekata kanalisanja i prečišćavanja kišnih voda sa puteva u Srbiji

U proteklih 10-15 godina prilikom izgradnje i rekonstrukcije autoputeva u Srbiji započeta je primena taložnika i separatora ulja na odvodima oticaja sa kolovoza. Efekti ovakvih sistema su osetljivi na primenjene projektne kriterijume kao i način i učestalost održavanja (čišćenja i popravki). Autorima ovog čanaka nisu bili na raspolaganju podaci o praćenju rada i efikasnosti ovih uređaja.

U zoni uže sanitarne zaštite izvorišta vode za piće Beogradskog vodovoda, u projektima kanalizacije kišnih voda sa saobraćajnica i mostova preko reke Save, primenjene su moderne metode i postupci za

projektovanje sistema za zahtevano zahvatanje površinskog oticaja slivnicima u trotoaru, i samo 15 cm na kolovozu, uz pretretman kišnih voda pre ispuštanja voda u javnu kišnu kanalizaciju. Na slici 13. je prikazan izvedeni kanalizaconi sistem na delu čeličnog i delu betonskog mosta Gazele na levoj obali reke Save kojim se voda odvodi do sistema za prečišćavanje kišnih voda, retnenziranje tih voda i potom infiltriranje u podzemlje. Sistem je izgrađen u periodu rekonstrukcije i dogradnje mosta i pristupnih saobraćajnica od 2011-2013. godine. Zbog oštih ograničenja u pogledu maksimalnih količina koj se mogu ispustiti u javnu kišnu knalizaicju, primenjeno je delimično retnenziranje i infiltracija kišnog oticaja (nakon njegovog tretmana) u akvifer reke Save [19].



Slika 5. Objekti za sakupljanje, transport i tretman oticaja sa mosta „Gazela“ i pripadajućih saobraćajnica (površina oko 70.000 m²), osnova mosta (gore), dispozicija sistema i presek kroz retnenziju (dole)

Sličan sistem za sakupljanje i tretman kišnih voda, uz dodak savremenog sistema za delovanje pri pojavi akcidentnih zagađenja, sa potrebnim monitoring sistemima, je planiran za izgradnju na mostu obilaznice autoputa oko Beograda peko reke Save kod Ostružnice.

4. ZAKLJUČAK

Velika prostorna i vremenska promenljivost protoka i parametara kvaliteta površinskog oticaja, kao i činjenica da zagađenje koje se spira sa puteva oticajem potiče iz rasutih izvora zagađenja, predstavlja teškoću u uspostavljanju jednostavnih pravila i zahteva u pogledu kontrole i smanjenja zagađenja od oticaja sa puteva. Stoga, uvođenje graničnih vrednosti emisije, odnosno maksimalnih dozvoljenih koncentracija parametara u kišnom oticaju koji se ispušta u vodoprijemnike, ne deluje kao opravdano i praktično primenjivo u praksi. Sa druge strane, pristup ovoj problematici u zakonodavstvu EU, a delom i u Srbiji, je da sva ispuštanja u vode budu takva da ne naruše dobar status vodnih tela. Ovo ukazuje da je krajnji cilj smanjenje negativnih uticaja od ljudskih aktivnosti, što podrazumeva da se u prvom koraku moraju odrediti uslovi na slivu bez igradnje, a zatim primenom odgovarajućih mera se negativni uticaji igradnje/urbanizacije i drugih ljudskih aktivnosti kontrolišu da ne pređu neku vrednost koja ne ugrožava opstanak i razvoj ljudske zajednice, ali ni ciljani status vodnog tela. Ovakav pristup veoma zavisi od lokalnih specifičnosti i zahteva dodatne napore za istraživanja, analize i testiranja projektna rešenja.

Rezultati sprovedenih istraživanja u svetu i kod nas ukazuju da emisija zagađenja oticajem sa puteva i nepropusnih urbanih površina prvenstveno zavisi od visine kiše, tako da mere i tehnička rešenja moraju biti usmerene ka smanjenju (kontroli) oticaja i kontroli kvaliteta oticaja od kiše određene ukupne visine padavina, određene prema specifičnostima konkretnog sliva i karakterisitkama vodoprijemnika. Od tehničkih rešenja, koja bi doprinela ostvarenju ovakvih ciljeva, nameću se sistemi za simultanu kontrolu količina i kvaliteta oticaja, jer se upravo na taj način smanjuju izmene prirodnog hidrološkog režima usled urbanizacije.

Efekti od zagađenja u oticaju mogu biti akutni i hronični. Protiv akutnih efekata treba se boriti prevencijom i akcionim planovima pri akcidentima. Dugoročni (hronični) efekti zagađenja potencijalno nose veliki rizik od nedostizanja propisanog statusa vodnog tela u koje se urbani oticaj izliva. Za analizu dugoročnih efekata je potrebno uspostavljanje odgovarajućeg monitoringa, a zbog kompleksnosti ovog problema, neophodna su dodatna istraživanja.

Zahvale

Istraživanja prikazana u ovom radu su finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Projekti: TR37009 i TR37010)

Literatura

- [1] Đukić A., Ljubisavljević D. (2011). Upravljanje kvalitetom kišnog oticaja – mogućnosti i ograničenja, Zbornik radova 40. konferencije o korišćenju i zaštiti voda VODA 2011., SDZV, Beograd
- [2] Metcalf&Eddy, 2002. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th edition, McGraw Hill Inc., NY, USA.
- [3] T.N. Debo and A.J. Reese, 2003. *Municipal Stormwater Management*, 2nd ed. Lewis Publishers, New York, USA.
- [4] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2001. Hydraulic Engineering Circular No. 22, Second Edition, Urban Drainage Design Manual
- [5] Lancaster C. D., M. W. Beutel. (2011) Fate and Transport of Metals and Particulates within the Roadside Environment – A Review. *Water Research and Management* 1(3): 37-46
- [6] Institut za hidrotehniku, 1990. Druga faza istraživanja procesa oticanja kišnice sa urbanih površina i njihova zaštita od plavljenja i zagađenja voda, Završni izveštaj naučno-razvojnog projekta, Građevinski fakultet, Beograd.
- [7] Topalović Ž., Plavšić J., Despotović J. (2015) Konsistentno određivanje računskih kiša, *Vodoprivreda*, 47(4-6), str. 151-159.
- [8] Todorović A., Plavšić J., Despotović J., Pavlović D. (2014). Trendovi u pokazateljima režima padavina u Beogradu, Zbornik radova građevinskog fakulteta: "Savremena dostignuća u građevinarstvu", Građevinski fakultet u Subotici, 119-124
- [9] Plavšić J., Blagojević B., Todorović A., Despotović J. 2016. Long-term behaviour of precipitation at three stations in Serbia. *Acta Hydrotechnica* 29/50, 23-36
- [10] Despotović J., Plavšić J., Jaćimović N., Janković Lj (2009). Odvođenje kišnog oticaja i sigurnost saobraćaja u gradovima, Zbornik radova 15. Savetovanja SDHI, Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet i Srpsko društvo za hidraulička istraživanja, 415-424
- [11] Sartor JD, Boyd GB, Agardy FJ. 1974. *Water pollution aspects of street surface contaminants*, US EPA.
- [12] James W., Rossman L.A., James W.R.C. (2010) *User's guide to SWMM 5, 13th Edition*, Published by CHI, Guelph, Ontario, Canada. ISBN 978-0-9808853-5-4
- [13] Deletic A. .1998. The First Flush Load of Urban Surface Runoff. *Water Research* 32, 2462-2470
- [14] Hvitved-Jacobsen T., Vollertsen J., Nielsen A. 2010. *Urban and Highway Stormwater Pollution-concepts and Engineering*. CRC Press. Taylor&Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- [15] Đukić A., Lekić B., Rajaković-Ognjanović V., Veljović Đ, Vulić T., Đolić M., Naunović Z., Despotović J., Prodanović D., .2016. Further Insight into the Mechanism of Heavy Metals Partitioning in Stormwater Runoff, *Journal of Environmental Management*, 168, 104-110
- [16] Đukić A. (2016) Modeliranje emisije zagađenja sa urbanih slivova, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet, Beograd
- [17] Woods-Ballard, B, Kellagher, R, Martin, P, Jefferies, C, Bray, R, Shaffer, P (2007) *The SUDS manual*, CIRIA C697
- [18] Biondi S., Sambo F., Bottega P. (2015). Stormwater runoff: impact, risk analysis and emergency management on an Italian highway, Asia Pacific Stormwater conference, 20-22 May, Auckland, New Zealand.
- [19] Despotović, J. Plavšić J. (2010). Odvođenje kišnih voda sa gradskih mostova, Uvodno predavanje na 10. Slovenski kongresu „O Cestama i prometu“ - SLOCEST 2010, Portorož.

UTICAJ PROMENA KLIME NA PROCENU HAZARDA OD KLIZIŠTA NA PUTNOJ MREŽI SRBIJE

Biljana Abolmasov¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7, biljana.abolmasov@rgf.bg.ac.rs

Rezime: *Različiti klimatski faktori, kao padavine, topljenje snega, promene temperature i dr., imaju uticaja na stabilnost terena i uslovljavaju aktiviranje klizišta i drugih procesa nestabilnosti. Globalno zagrevanje je nedvosmisleno, međutim svi potencijalni efekti i moguće promene na hazard od klizišta je teško odrediti i prognozirati. U radu su analizirani mogući uticaji promena klimatskih parametara na stabilnost terena u smislu prognoziranih regionalnih/lokalnih, dugoročnih/kratkoročnih i direktnih/indirektnih mogućih posledica. Takođe je analiziran uticaj klimatskih promena na hazard od klizišta, kao i različiti aspekti posledica na putnu mrežu u Srbiji. U radu je dat i kratak prikaz mogućih aktivnosti u planiranju i projektovanju novih puteva, odnosno održavanju postojeće putne mreže, a koje mogu uzeti u obzir uticaj klimatskih promena na hazard od klizišta.*

Ključne reči: *klizišta, procena hazarda, promene klime, putna infrastruktura*

CLIMATE CHANGES AND LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT ON THE SERBIAN ROAD NETWORK

Biljana Abolmasov¹

¹ University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Đušina 7

Abstract: *Different climatic factors like precipitation, snow melting, temperature changes, etc. influence the stability of slopes and cause landslides and other mass movements processes. Global warming is unequivocal but the effects and the related changes in other climatic parameters and their influence on landslide hazard remain difficult to determine, and to predict. The possible effects of climate changes and slope stability was analyzed and summarized as local or regional, short-term or long term, direct or indirect impact for different landslide types. In this paper, the influence of climate parameters variations in the future on landslide hazard assessment were discussed, as well as overall impact on road network. Brief overview of possible actions for including climate changes vs. landslide hazard on planning and design of new roads and maintenance of existing road network was also presented.*

Keywords: *landslides, landslide hazard assessment, climate changes, road network*

1. UVOD

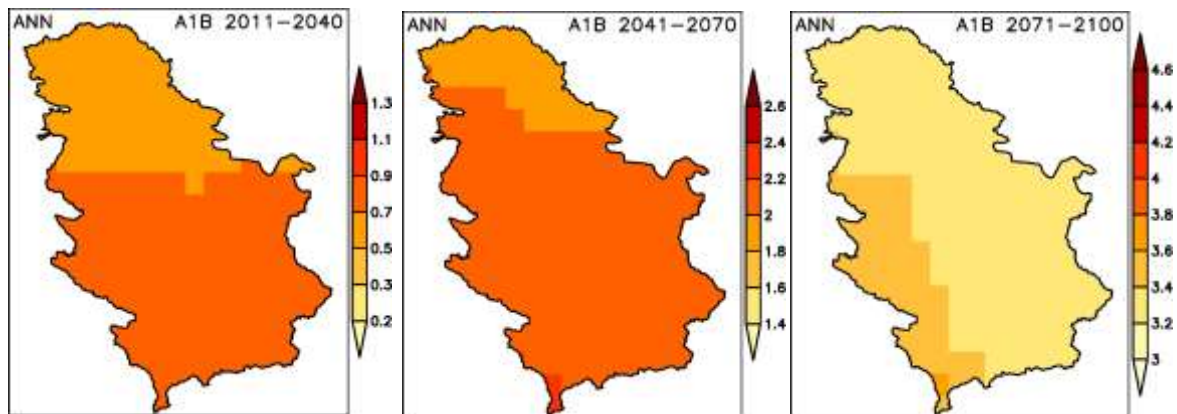
Pod pojmom klizišta (*Landslides*) se u međunarodnoj terminologiji podrazumeva čitav niz savremenih geodinamičkih procesa i pojava kojima je zajedničko da narušavaju stabilnost terena (Cruden i Varnes; 1996, Cruden i VanDine, 2013; Hungr i dr. 2012). Potreba da se klizišta posmatraju i kao prirodni-geološki hazard, potekla je iz nastojanja da se evidentne negativne posledice ovog procesa na ljude i njihova materijalna dobra, predvide i prognozom umanje, u meri u kojoj je to realno i moguće, kako kroz naučni,

¹ Biljana Abolmasov: biljana.abolmasov@rgf.bg.ac.rs

stručni tako i kroz okvir zakonske regulative. To su ujedno i ciljevi Ujedinjenih Nacija promovisani kroz Hyogo (2005) i Sendai (2015) deklaracije, a čiji je potpisnik i naša zemlja. Procena hazarda od klizišta, predstavlja deo procesa upravljanja rizikom, sa krajnjim ciljem da se umanjí verovatnoća potencijalnih ljudskih i materijalnih gubitaka. Kao rezultat procene nastaju karte na kojima je prikazana prostorna distribucija klasa hazarda, odnosno rizika od procesa kliženja.

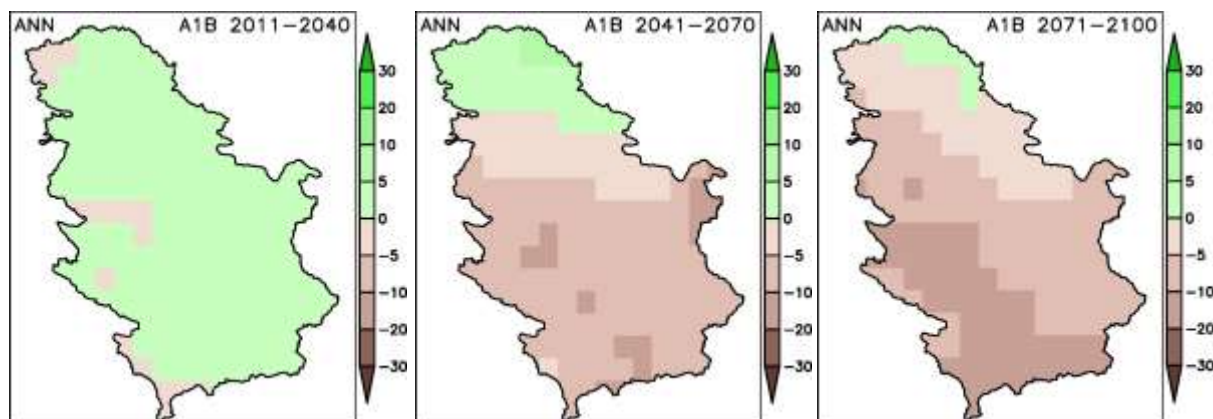
Na području Srbije najveći broj klizišta i drugih pojava nestabilnosti izazvano je ekcesnim padavinama (bilo da se radi o dugotrajnim ili intenzivnim ili naglom topljenju snega i sl.), i/ili antropogenim delovanjem. Nije retko da i drugi savremeni geodinamički procesi, a koji su u direktnoj zavisnosti od količine i vrste padavina, mogu biti aktivatori procesa nestabilnosti (npr. erozija obala prilikom bujičnih procesa ili poplava kada dolazi do aktiviranja klizišta/tecišta, ali i ispiranje pukotinske ispune u čvrstim stenskim masama, što može dovesti do procesa odronjavanja). Složeni odnosi i zavisnosti pojedinih klimatskih parametara i njihovog ukupnog uticaja na stabilnost terena (padina i kosina), predstavljaju razlog zašto se kod procene hazarda od klizišta razmatra uticaj promene pojedinih parametara klime u prostoru i vremenu.

Promene klime su nedvosmislene kako na globalnom tako i na regionalnom nivou i to je činjenica potvrđena instrumentalnim osmatranjima. Poslednji izveštaj *Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC; 2014)* ukazuje na evidentan porast koncentracije gasova sa efektom staklene bašte i izmeren porast globalne temperature. Na osnovu pomenutog izveštaja u Evropi (severne, centralne i mediteranska oblasti) je vrlo moguće da će tokom 21 veka temperature vazduha nastaviti da rastu na godišnjem nivou. Očekuje se da će mogući porast temperature u zimskim mesecima biti izraženiji u severnim oblastima Evrope, dok je moguće da će tokom letnjih meseci biti izraženiji u centralnoj Evropi i oblasti Mediterana (Christensen i dr., 2013). Takođe se očekuje da u severnoj i centralnoj Evropi dođe do povećanja suma padavina, dok se u oblasti Mediterana očekuje smanjenje posebno u letnjem periodu. Prema Kržić i dr. (2011) i Rajković i dr. (2013) za teritoriju Srbije regionalizovana su dva klimatska scenarija, A1B i A2, za period 2001-2100. Do kraja ovog veka, scenarija promena klime u budućnosti takođe pokazuju konstantan porast temperature na celoj teritoriji Srbije. Scenarija pokazuju da će porast temperature biti značajniji tokom letnjih meseci i u oba scenarija porast letnjih temperatura na kraju 21-ovog veka (2100) iznosi preko 4°C. Oba scenarija pokazuju porast godišnjih količina padavina tokom perioda 2011- 2040, u odnosu na vrednosti iz druge polovine 20-tog veka, međutim, za period posle 2040-te oba scenarija imaju negativan trend u godišnjim akumulacijama koji se pojačava idući ka 2100-toj godini (Slika 1 i Slika 2). Više podataka o scenarijima promene klime sa prostornim distribucijama parametara modela na teritoriji Srbije se mogu naći na <http://haos.ff.bg.ac.rs/climatedb-srb/>.



Slika 1. Projekcije distribucije prosečnih godišnjih temperatura vazduha za periode (s desna na levo) 2011-2040, 2041-2070 i 2071-2100 po scenariju A1B za teritoriju Srbije (prostorna rezolucija 0.25x0.25°)

Izvor: Rajković i dr., 2013. <http://haos.ff.bg.ac.rs/climatedb-srb/>



Slika 2. Projekcije distribucije prosečnih godišnjih padavina za periode (s desna na levo) 2011-2040, 2014-2070 i 2071-2100 po scenariju A1B za teritoriju Srbije (prostorna rezolucija 0.25x0.25°)

Izvor: Rajković i dr., 2013. <http://haos.ff.bg.ac.rs/climatedb-srb/>

S obzirom na izuzetno obimnu materiju iz obe oblasti, u radu će biti data osnovna terminologija vezana za procenu hazarda i rizika od klizišta, u najkraćem prikazana metodologija procene hazarda, a potom će biti razmatrani potencijalni uticaji promena klime na procenu hazarda od klizišta.

2. OSNOVNA TERMINOLOGIJA

U Varnes i UNESCO publikaciji (1984) prvi put su definisani hazard i rizik od procesa klizanja i dugi niz godina predstavljali su polaznu osnovu u mnogim studijama, stručnim i naučnim radovima vezanim za pomenutu problematiku (Chowdhury, 1988; Einstein 1988; Leroi, 1996; Alleoti i Chowdhury, 1999; Guzzetti i dr., 1999; Crozier and Glade, 2005; Van Westen i dr., 2005; Abolmasov, 2007; Fell i dr., 2008; Cascini, 2008). Savremeni pristup procene hazarda i rizika od klizišta podrazumeva u terminološkom, teorijskom i praktičnom vidu niz jasno definisanih procedura i metoda koje pre svega zavise od namene, veličine područja i zahtevane tačnosti procene (Corominas i dr., 2014).

U narednom će biti izložene samo osnovne definicije za procenu hazarda i rizika od klizišta, bitne da bi se proces sagledao u celini. Uprošćen prikaz procedure dat je slici 3.

U publikaciji Varnes (1984) i UNESCO-a rizik od klizanja terena definisao opštim obrascem, gde je rizik proizvod sledećih elemenata:

$$R = H \times V(E_R) \quad [1]$$

Gde su: R - ukupan rizik, H – hazard, V – ugroženost i E_R – izloženost elemenata u riziku

Hazard od klizišta (*Landslide Hazard*) - predstavlja pokazatelj verovatnoće aktiviranja klizišta određene magnitude, na određenom području, u određenom vremenskom intervalu. Dakle, hazard od klizišta ima sledeće komponente koje se mogu izraziti sledećim obrascem:

$$H_L = p(A_L) \times p(N_L) \times S \quad [2]$$

Gde su: H_L - hazard od klizišta izražen preko komponenti : A_L -magnituda, N_L -učestalost u određenom vremenskom periodu i S-distribucija u prostoru

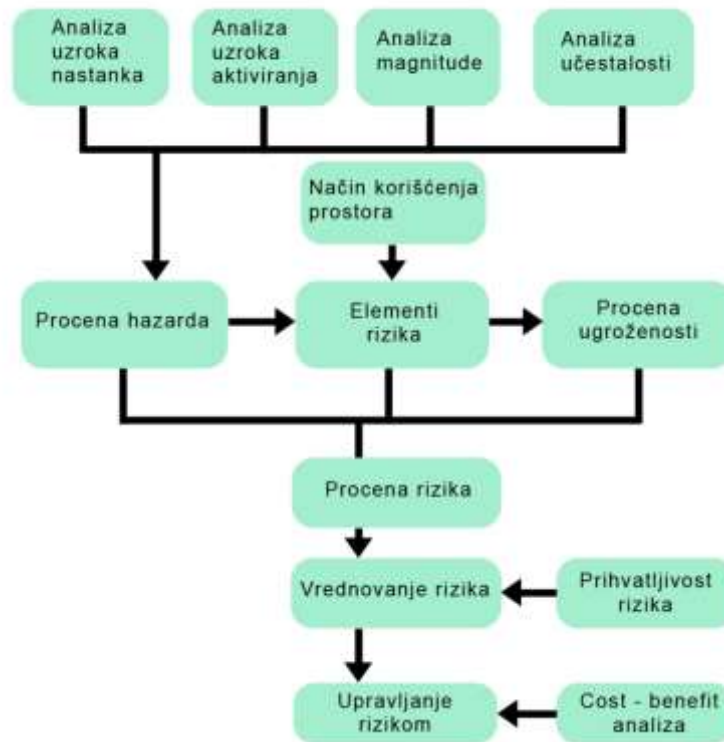
Podložnost terena ka klizanju (*Landslide Susceptibility*) – Predstavlja pokazatelj podložnosti terena ka aktiviranju procesa klizanja. Za razliku od procene hazarda na kartama koje se dobijaju kao rezultat procene prikazana je prostorna distribucija klasa podložnosti, ali komponenta vremenske verovatnoće nije uključena u procenu. Kao i kod procene hazarda izvršena je podela procesa po mehanizmu i vrsti pokrenutog materijala, a ukoliko je moguće i po magnitudi.

Izloženost elemenata rizika (*Exposure*) - Predstavlja pokazatelj prisustva ljudi i materijalnih dobara (kao elemenata u riziku) u područjima koja mogu biti izložena hazardu/podložnosti od klizišta.

Ugroženost (*Vulnerability*) – Predstavlja pokazatelj potencijalni stepen gubitaka koje bi pretrpeli elementi u riziku ako bi bili izloženi hazardu (klizištima) određene magnitude. Ugroženost zavisi od karakteristika samih elemenata u riziku.

Rizik od klizišta (*Landslide Risk*) - Predstavlja pokazatelj očekivanih negativnih posledica na ljude i njihova materijalna dobra. Izražava se kvalitativnim ili kvantitativnim socio-ekonomskim pokazateljima i sračunava se kao proizvod hazarda od klizišta, izloženosti i ugroženosti elemenata rizika. Procena rizika radi se pojedinačno za svaki pojedini element u riziku i suštinski predstavlja specifičan rizik (R_s).

Međunarodna komisija JTC-1 (*Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slope-The Joint of ISSMGE, ISRM and IAEG*), donela je uputstvo za izradu karata hazarda i rizika od klizanja terena za potrebe prostornog planiranja (Fell i dr., 2008), a potom i uputstvo za kvantitativno vrednovanje hazarda od klizanja (Corominas i dr., 2014).



Slika 3. Uprošćeni šematski prikaz postupaka koji čine metodologiju upravljanja rizikom od klizišta
Izvor: Abolmasov, 2007.

3. OSNOVE PROCENE HAZARDA OD KLIZIŠTA

Procena hazarda od klizišta je najznačajniji segment, od čijeg kvaliteta i rezultata zavise svi ostali dalji segmenti upravljanja rizikom od klizišta u širem smislu (Slika 3). Procena hazarda zahteva širok spektar podataka kojima su okarakterisani parametri koji utiču na proces, a koji mogu biti različiti u pogledu prostorne i vremenske promenljivosti. Pojedini parametri se tokom procene smatraju praktično stacionarnim, poput geoloških ili geomorfoloških uslova-parametara, ali ima i onih čija se promenljivost može pratiti u dužim ili kraćim periodima, pa i na dnevnom nivou, poput meteoroloških parametara (intenzitet padavina npr.). Osim parametara koji se dovode direktno u vezu sa procesom (kao uzročnici procesa ili aktivatori), potrebno je poznavati prostornu distribuciju i učestalost same pojave, što često predstavlja najveći problem. Usled neujednačene ažurnosti u vođenju evidencije i datiranju klizišta, često se u praksi susrećemo sa potrebom da isključimo vremensku dimenziju iz analize i da se umesto hazardom bavimo podložnošću na klizanje, koja razmatra samo prostornu verovatnoću pojave mahom na osnovu stacionarnih parametara (poglavlje 2.).

Sa stanovišta nivoa podataka evidentiranih pojava nestabilnosti u Srbiji je stanje takvo da za najveći broj pojava unetih u nacionalni katastar nema tačnog datuma ili časa aktiviranja (ili reaktiviranja procesa), te se može zaključiti da je u Srbiji trenutno gotovo nemoguće proceniti hazard od klizišta, već samo sprovesti procenu podložnosti na klizanje. Za procenu hazarda od klizišta, shodno međunarodnoj literaturi i praksi, neophodno je uspostavljanje jedinstvene, homogenizovane baze podataka o klizištima sa tačnim datiranjem faza aktivnosti procesa i analizom uzročnika-aktivatora, a za to je potrebno izvesno vreme, sistematičnost, ali i fondovi u vođenju nacionalnog katastar.

U prvom koraku je dakle, potrebno obezbediti dovoljno tačan, ažuran i pouzdan katastar, odnosno bazu podataka o klizištima i drugim pojavama nestabilnosti, shodno međunarodnoj klasifikaciji. Metodologija pripreme katastra delimično zavisi od razmere posmatranja, ali i od tipova procesa/pojave. Što se tiče klizišta neophodno je da postoji sledeći set podataka o pojedinačnoj pojavi:

- lokacija i datum pojave, pri čemu je pojava predstavljena poligonom na odgovarajućoj topografskoj podlozi,
- tipu pojave sa detaljnom klasifikacijom prema međunarodnom standardu od materijala i mehanizma, do sadržaja vode, aktivnost, brzine kretanja, načina kretanja i trenda kretanja,
- detaljnu geometriju (u zavisnosti od tipa pojave) i morfometriju pojave,
- svojstvima geološke podloge (geološkim, geomorfološkim, inženjerskogeološkim i hidrogeološkim uslovima u terenu),
- uzroku nastanka pojave kroz procenu najznačajnijih uticajnih faktora i okidača-aktivatora,
- štete nastale usled pojave kategorisane prema lokalnom i međunarodnom standardu,
- fotodokumentaciji (fotografisanje elemenata pojave i detalje oštećenih objekata i infrastrukture sa odgovarajućim razmernikom),
- dodatnim skicama i prognoznim presecima,
- podacima o izvršenim istraživanjima i njihovim rezultatima (ukoliko ih je bilo).

Format katastra treba da bude prostorna baza podataka, koja se za dalje potrebe iz vektorskog može prebaciti u rasterski format. Izbor rezolucije takvog rastera zavisi od minimalnih i maksimalnih dimenzija većine evidentiranih pojava.

Nadalje, u procesu procene podložnosti ili hazarda, neophodno je identifikovati one parametre koji imaju najviše uticaja na sâm proces kliženja i odabrati odgovarajuće izvore podataka kako bi se isti modelovali. U praksi se parametri mogu razdvojiti na uzročnike procesa (geološke, geomorfološke, parametre životne sredine i antropogene), i pokretače-aktivatore (padavine, zemljotrese i dr.).

U grupi geoloških parametara svakako je najuticajniji litološki sastav i inženjerskogeološka svojstva stenskih masa koje izgrađuju teren, jer u zavisnosti od vrste stenskih masa razlikujemo različita mehanička svojstva, odnosno njihovo ponašanje. Idealno je koristiti inženjerskogeološku kartu u kojoj je kriterijum inženjerskogeoloških svojstava stenske mase već inkorporiran. Ukoliko ne postoje takvi podaci onda je neophodno izraditi litološku kartu odgovarajuće razmere i izdvojiti iskustveno litološke komplekse koji bi imali iste inženjerskogeološka svojstva. Takođe se mogu koristiti i druge tematske ili specijalne geološke karte (poput hidrogeološke karte) ili je potrebno iste izvesti iz osnovne geološke karte.

Takođe je moguće uključiti u procenu i pedološke podloge sitne ili krupne razmere, koje nose statističke podatke o pojedinim parametrima tla, između ostalih i zapremine težine u površinskim delovima, kao i tipove tla prema međunarodnoj klasifikaciji.

Geomorfološki parametri uglavnom podrazumevaju uticaj različitih morfometrijskih parametara poput nagiba, zakrivljenosti reljefa, razuđenosti reljefa, ekspozicije prema suncu, udaljenosti od vodotoka i jaruga, relativnih visina itd. Fizička zavisnost ovih parametara se dovodi u neposrednu vezu sa procesima nestabilnosti, jer je jasno npr. da su strmije padine podložnije pojedinim tipovima nestabilnosti, baš kao i padine sa češćim mikro reljefnim oblicima, ili one okrenute vlažnijoj severnoj strani (zbog sposobnosti da duže zadržavaju vodu u tlu).

Parametri životne sredine su usko vezani sa antropogenim uticajima i najčešće se prikazuju kartama upotrebe zemljišta, koje daju raspored vegetacije, vodnih resursa, ali i raspored urbanih područja, infrastrukture i sl.

Najčešći aktivatori procesa kliženja su padavine, zemljotresi, erozija, nagle oscilacije nivoa podzemnih i površinskih voda (poplave) i antropogeni uticaji. Antropogeni uticaji se često svode na izolovane slučajeve koji nemaju zakonitost pojavljivanja i teško ih je posmatrati na širem prostoru; na detaljnom nivou ih je moguće uključiti u analizu u slučaju kada postoje dokumentovani podaci. Podaci o zemljotresima (kao aktivatorima) i njihovim relacijama sa procesima nestabilnosti su retki na prostorima Srbije (s obzirom na maksimalne jačine dogođenih zemljotresa).

Padavine su, kao najčešći aktivator procesa kliženja jedan od najpromenljivijih faktora u prostoru i vremenu. Za identifikovanje ekstrema neophodno je pratiti kumulativne dnevne količine padavine, a u zavisnosti od tačnosti podataka o vremenu aktiviranja klizišta ponekad i časovne padavine. Kumulativne padavine treba pratiti u kratkom vremenskom intervalu 5-10-15 dana, jer su to periodi u kojima se pri sprečenom dreniranju

mogu sukcesivno pogoršati parametri čvrstoće stenske mase (tla i stena). Identifikovanjem takvih ekstrema dobija se njihov prostorni raspored i vremenska učestalost.

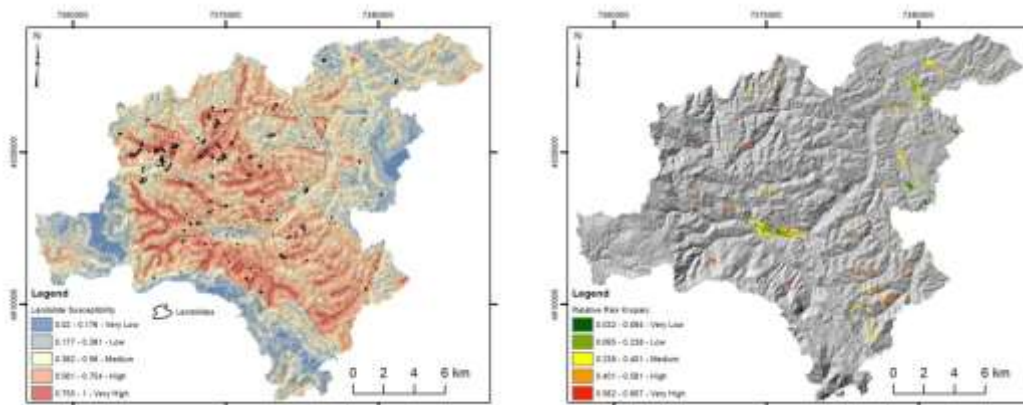
Veličina područja posmatranja i zahtevani nivo detaljnosti opredeljuju izbor metode procene, odnosno time i izbor parametara koji će biti osnova za izradu različitih prostornih modela (Tabela 1). Bitno je takođe napomenuti da se sve metode prostornih analiza rade u tzv. GIS okruženju - programu koji omogućava da se parametri-atributi i njihove međusobne relacije u prostoru (na zadatom području) različitim metodama analiziraju, kvantifikuju, modeliraju i prikazuju. Kao što je navedeno, literatura je obimna te se zainteresovani upućuju na radove Corominas i dr. (2014), Lee i Dai (2004), Fell i dr. (2008), Van Westen i dr. (2008), ili literaturu sa primerima sa područja Balkana (Marjanović i dr., 2018; Abolmasov i dr., 2017; Andrejev i dr. 2017; Peševski i dr. 2017; Marjanović i Đurić, 2016; Marjanović i dr., 2013; Marjanović i dr., 2011). Primeri procene podložnosti na klizanje i rizika po stanovništvo opštine Krupanj za nivo 1: 25 000 razmere (područje oko 350 km²) dati su na Slici 4., dok je primer procene relativnog hazarda (*quasi-hazard*) dat za primer urbanog područja grada Tuzle u BiH na Slici 5 (razmera 1:5000, područje 100 km²). Prvi model je urađen na osnovu AHP metode (Abolmasov i dr., 2017), dok je drugi urađen na osnovu metode naprednog mašinskog učenja (*Support Vector Machine-SVM*) (Marjanović i Đurić, 2016).

Za validaciju modela se obavezno koriste realni podaci prikupljeni na terenu organizovani u odgovarajuće prostorne baze-setove podataka (sa svim pripadajućim atributima). Podaci mogu biti dopunjeni analizama koje uključuju metode daljinske detekcije - analizom stereoparova avio ili satelitskih snimaka veoma visoke rezolucije, tj. preko 0.5 m (Đurić i dr., 2017). Pri validaciji se primenjuju različite metode kao npr. matrica kontigencije (*Confusion Matrix* ili *Contingency Table*) (Abolmasov i dr., 2017), koja ukazuje na različite tipove grešaka dobijenih modela u odnosu na realno stanje. Takođe, modeli se mogu oceniti i na osnovu ROC krivih (*Receiver Operating Characteristic*), koje spadaju u najobjektivnije vidove ocene modela, kako kvantitativno na osnovu vrednosti parametra površine ispod krive (*Area Under Curve-AUC*), tako i kvalitativno, na osnovu karaktera i oblika krive (Fawcett, 2006). Primer validacije modela dat je za dve procene urađene za teritoriju opštine Krupanj, gde su primenjene AHP i WoE metoda za procenu rizika, nivo 1:25 000 razmere na području od 350 km² (Slika 6).

Tabela 1. *Mogućnost primene različitih metoda procene hazarda u zavisnosti o razmere, područja i vrste pojave*

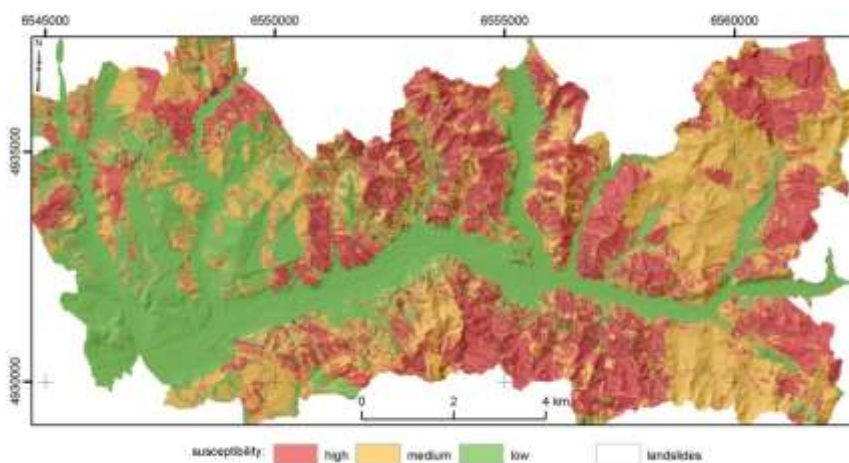
Razmera	Područje	Vrsta pojave	Vrsta procene	Metode procene	Nivo procene/ upotreba
Sitna <1:100 000	>10000 km ²	klizišta I tecišta (generalno)	podložnost (prostorna distribucija)	ekspertska, višekriterijumska analiza (AHP)	bazični nivo/ informativni karakter za nacionalni nivo
Srednja 1:100 000 - 1:25 000	1000 – 10000km ²	klizišta (generalno), tecišta	podložnost (prostorna distribucija, magnituda)	višekriterijumska analiza (npr. AHP), statističke metode (npr. WoE,)	bazični do srednji nivo/ informativni karakter za nivo regionalnog planiranja
Krupna 1:5000-1:25000	10 – 1000 km ²	posebno klizišta klasifikovana po dubini (plitka- duboka), tecišta, odroni	podložnost/ hazard (prostorna distribucija, magnituda, brzina)	statističke I determinističke	srednji nivo do napredni/ nivo podloga za prostorno I urbanističko planiranje i projektovanje
Detaljna >1:5000	<10 km ²	plitka klizišta, tecišta, odroni	hazard (sve komponente)	determinističke, probabilističke	napredni/ nivo podloga za urbanističko planiranje i projektovanje

Izvor: (Abolmasov, 2007, izmenjeno)



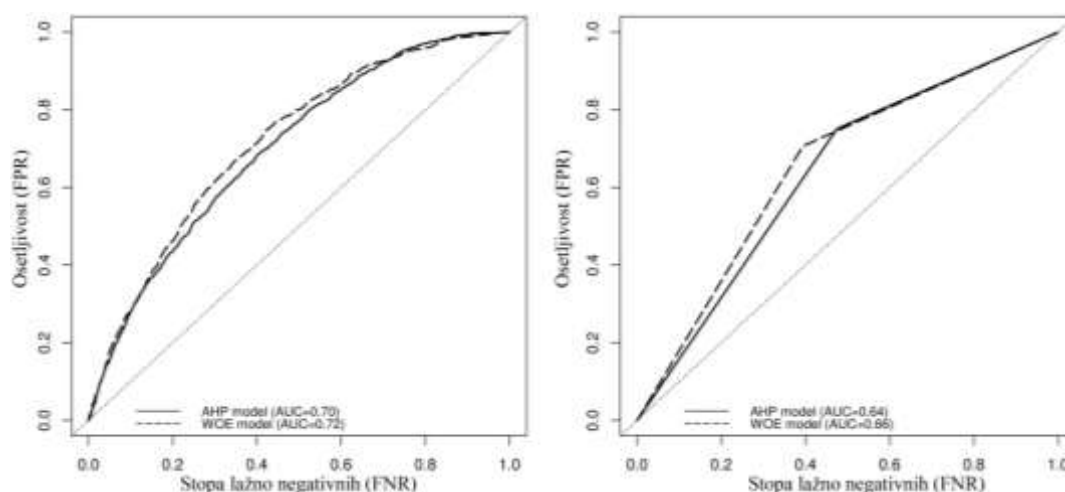
Slika 4. Područje opštine Krupanj - Procena podložnosti na kliženje (levo); Procena rizika od klizišta za stanovništvo (desno)

Izvor: <http://geoliss.mre.gov.rs/beware/>



Slika 5. Procena podložnosti na kliženje urbanog područja Tuzle, 1: 5000

Izvor: Marjanović i Đurić, 2016.



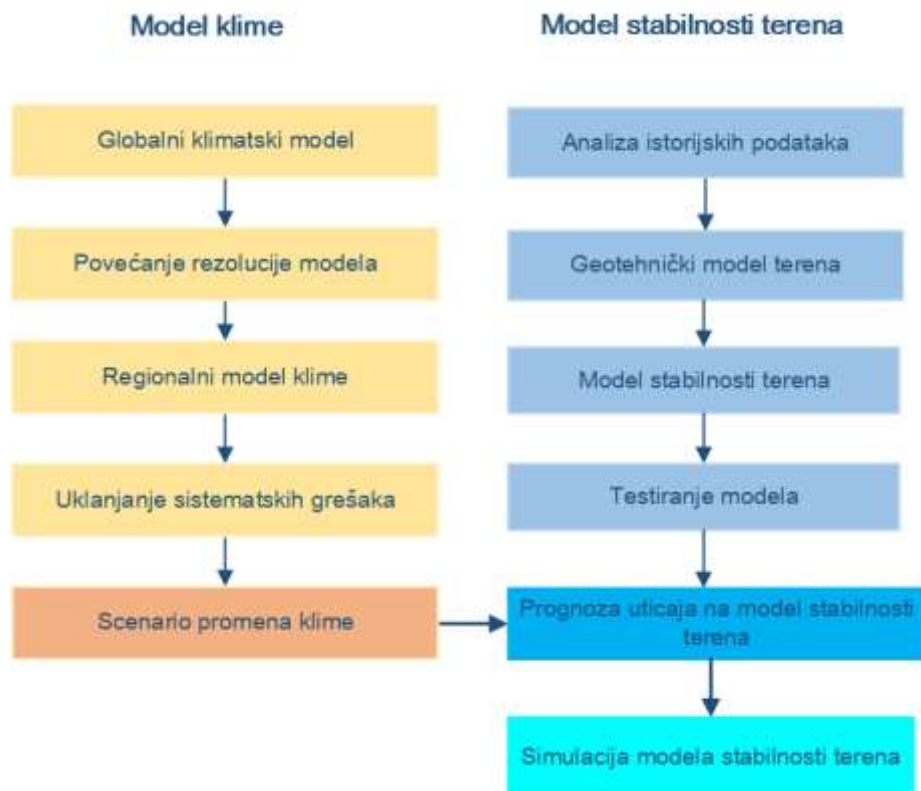
Slika 6. Uporedni grafici ROC-krivih za AHP i WOE modele procene podložnosti na kliženje za opštinu Krupanj: probabilističke verzije modela (levo), diskretne verzije modela (desno). Puna linija označava ROC krivu za AHP model, isprekidana linija ROC krivu za WOE model

Izvor: Abolmasov i dr., 2017.

4. UTICAJ PROMENA KLIME NA HAZARD OD KLIZIŠTA

Postavlja se pitanje koji parametri klime i koje njihove promene u budućnosti su od značaja za stabilnost padina i kosina, od pojedinačnog do regionalnog, tj. nacionalnog nivoa, a zatim koje od njih možemo uključiti u model, tj. u procenu hazarda od klizišta i njegove komponente (prostorna distribucija, magnituda i učestalost) - pri tom imajući u vidu da varijacije pojedinih parametara klime imaju različite uticaje na različite mehanizme kretanja i procese koji se pod jednim imenom nazivaju *Landslides*. Pri tom, objektivno, projekcije promena klimatskih parametara se zasnivaju na mogućim scenarijima, tj. efektima koji će biti posledica prognoziranih emisija štetnih gasova na globalnom nivou, potom korekcija da bi se dobilo regionalni-nacionalni scenario (*downscaling and bias correction*), u prihvatljivoj razmeri i pouzdanosti modela. Ukoliko koristimo postojeće scenarije, kao što je već pomenuto u uvodnom poglavlju, prostorna distribucija promena pojedinih parametara klime je data na $0.25 \times 0.25^\circ$, što za procenu hazarda od klizišta podrazumeva isključivo nacionalni, tj. informativni nivo (i tačnost modela). Šematski prikaz relacija koje je neophodno uzeti u obzir prilikom razmatranja uticaja promena klime na stabilnost terena, a time i na procenu hazarda (i rizika) od klizišta dat je na slici 7.

Procena hazarda od klizišta, pojašnjenja radi, zavisi od velikog broja parametara i njihovih promenljivosti u prostoru i vremenu - ali pre svega od varijabilnosti fizičko-mehaničkih parametara inženjerskogeoloških kompleksa (a najviše članova), potom od geomorfoloških parametara i na kraju od varijabilnosti parametara okoline (koje je takođe vrlo teško prognozirati). Ne treba zanemariti činjenicu da se najveći broj podataka o procesu - bilo da se radi o klizištima, odronima, tecištima, prikuplja sporadično ili nasumično - u nekom vremenskom periodu nakon događaja, koji na našim prostorima može biti i više godina (jer zavisi od izdvojenih finansijskih sredstava), a da se analiza aktivatora (u momentu loma) najčešće ne sprovodi, ili za nju nema dovoljno pouzdanih podataka. Nacionalni katastar pojava nestabilnosti nije dopunjen ni podacima iz 2014. godine za sva područja na kojima je bilo pojava nestabilnosti, a koje su bile posledice ekstremnih klimatskih uslova za koje su podaci poznati.



Slika 7. Šematski prikaz uticaja promena klime na stabilnost terena
Izvor (Gariano i Guzzetti, 2016), modifikovano

U takvim, realnim uslovima u Srbiji, moguće je razmatrati uticaj promena klimatskih parametara regionalno, uzimajući u obzir određene scenarije promena klime i moguće efekte na stenske mase u sklopu terena, odnosno očekivane uticaje na stabilnost padina/kosina (pozitivne i negativne). Na taj način bi se izbegle

sistematske greške, kao posledice grešaka oba modela. U Tabeli 2 dati su mogući uticaji promena pojedinih parametara klime na teren u celini i efekte koje bi takve promene izazvale na njegovu stabilnost.

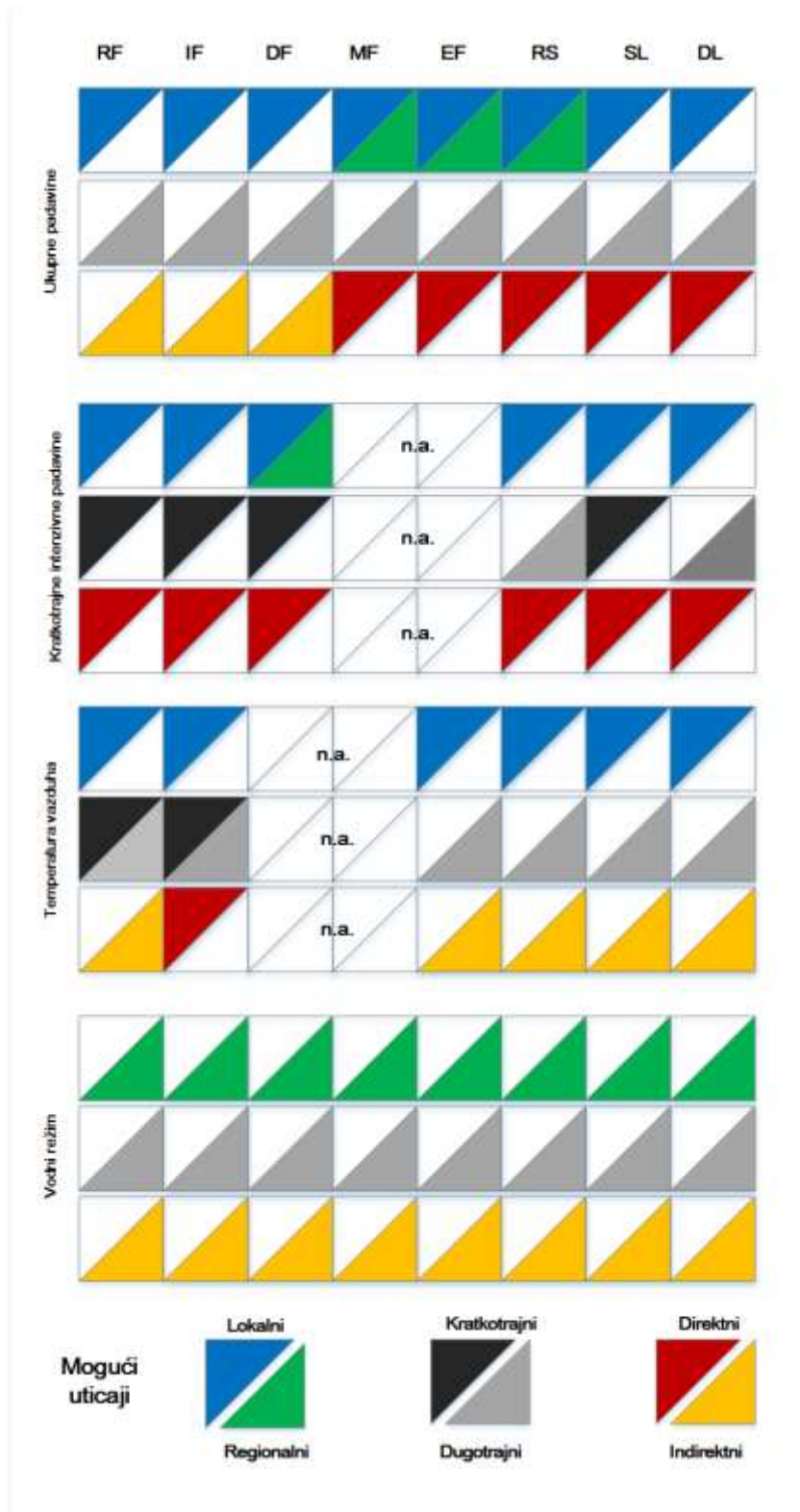
Uticaj promena pojedinih klimatskih promena neophodno je posmatrati i sa sledećih aspekata:

- 1) da li je uticaj regionalnog ili lokalnog karaktera
- 2) da li su to dugotrajne ili kratkotrajne promene (u intenzitetu npr.)
- 3) da li su efekti direktni ili indirektni i
- 4) na koje mehanizme kretanja utiču promene pojedinih klimatskih parametara

Dovodeći u vezu sve gore pomenute aspekte Gariano i Guzzetti (2016) su dali "matricu" mogućih uticaja uzimajući u obzir i različite mehanizme i vrste materijala koje mogu biti pokrenuti procesima koji se po međunarodnoj terminologiji nazivaju *Landslides* (slika 8).

Tabela 2. Mogući uticaji promena klime na stabilnost terena

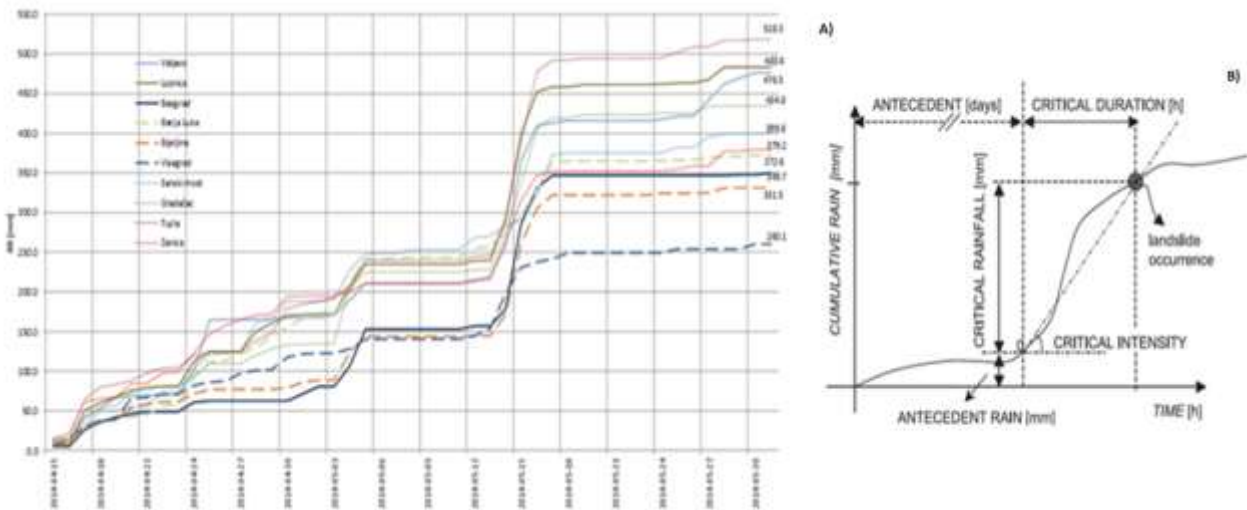
Promene parametara klime	Moguće promene u terenu	Očekivan uticaj na stabilnost padina/kosina
Povećanje ukupne količine padavina	Češće kritične kumulativne padavine Povećanje težine stenskih masa Viši nivoi podzemnih voda Povećanje proticaja reka	Manje intenzivne padavine za postizanje kritičnog sadržaja vode Smanjenje sila sukucije i kohezije Povećanje napona smicanja Uvećanje zapremine težine Smanjenje parametara čvrstoće Pojačano eroziono dejstvo reka Viši nivo vode u stajacim vodama Češća nagla povećanja/sniženja niva podzemne vode
Povećanje intenziteta padavina	Infiltracija prevazilazi površinsku drenažu Povećaje protoka Povećanje površinskog oticaja	Stvaranje izolovanih izdani Smanjenje efektivnih napona Smanjenje čvrstoće na smicanje Uvećanje hidrauličkog gradijenta (sufozija) Pojačana površinska erozija
Povećanje temperature vazduha	Povećana evaporotranspiracija Promena vegetacije Povećanje vodopropusnosti Češća nagla otapanja snega Smanjenje površina pod snegom/ledom	Smanjenje kritičnih kumulativnih padavina Viši prag kritičnih količine padavina Veća evaporotranspiracija Smanjena infiltracija vode Veća kohezija korena vegetacije Brža infiltracija Povećanje oticaja i infiltracije Smanjenje parametara čvrstoće (kohezije) Smanjenje vrstoće kod čvrstih stena
Promene u brzini vetra i trajanju vetrovitih dana	Promena evaporotranspiracije Promena korenovog sistema Promena intenziteta abrazije na obalama	Smanjenje vlažnosti tla Uvećanje ispućalosti, smanjenje kohezije i čvrstoće Smanjenje kohezivnosti korenovog sistema Povećana dezintegracija stena
Učestalost varijacija parametara klime	Češći (ili sporiji) periodi vlažnog i sušnog perioda	Povećanje ispućalosti Proširenje zeva pukotina Smanje kohezije i ugla unutrašnjeg trenja kod čvrstih stena



Slika 8. "Matrica" mogućih uticaja promena klime na različite tipove procesa nestabilnosti- RF-odroni, IF-lavine, DF-tečenje drobine, EF-tečenje tla, MF-tečenje finoznog tla, RS-kliženje stena, SL-plitka klizišta, DL-duboka klizišta
 Izvor: *Gariano I Guzzetti, 2016, (prevod, Abolmasov, 2017)*

Ukoliko razmatramo uticaj promena klime i mogućih efekata na hazard od klizišta, na osnovu velikog broja statistički obrađenih podataka klizišta Italije (Gariano I Guzzetti, 2016), utvrđeno je da promene klime nemaju uticaja na magnitudo (kao jednu od komponenata hazarda), međutim imaju uticaja na učestalost, kao I na

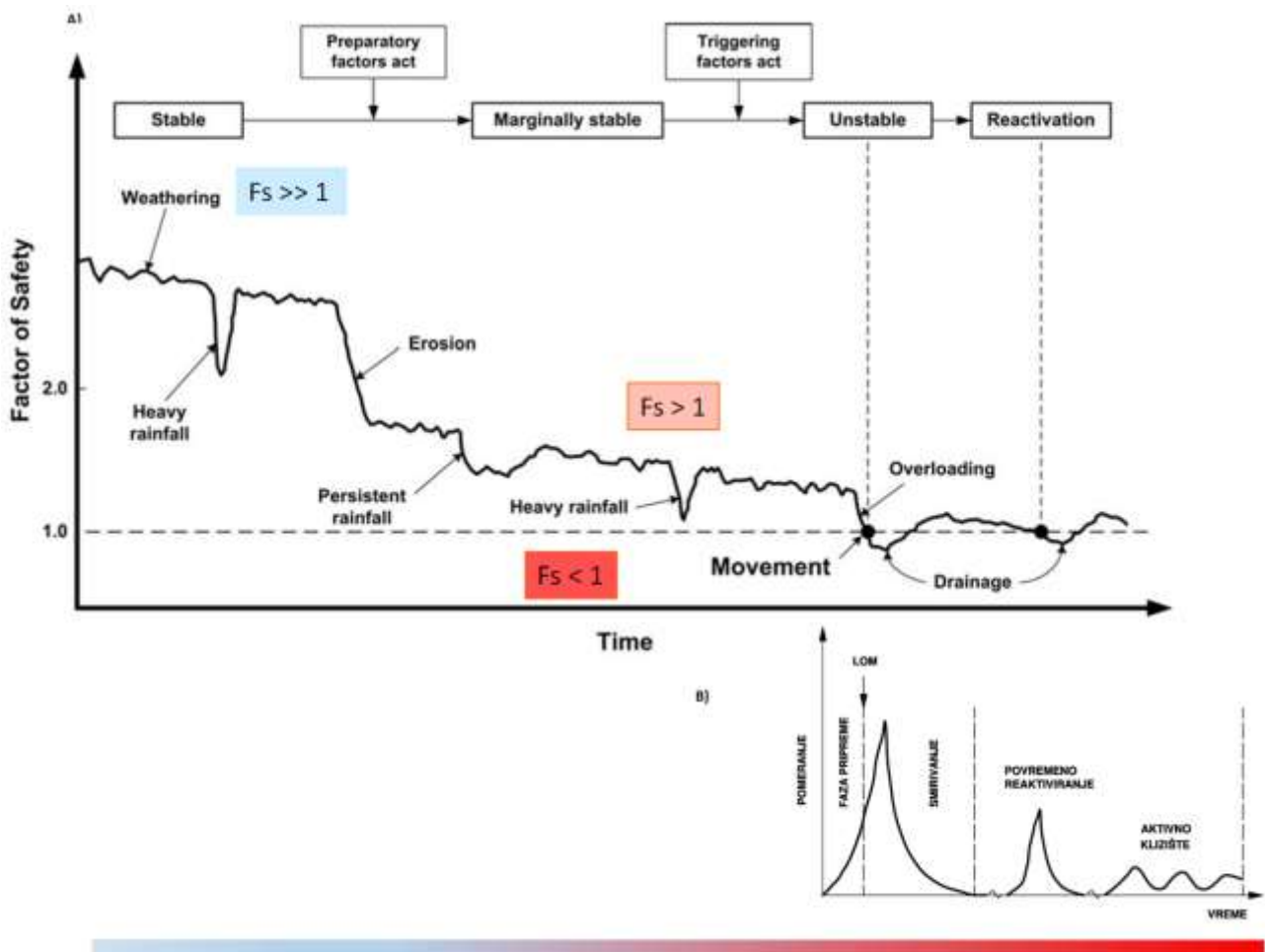
prostornu distribuciju (druge dve komponente hazarda od klizišta [2]. Praktično govoreći, polazeći od očekujućih uticaja, regionalne promene klimatskih parametara, kako dugotrajnih, tako i kratkotrajnih imaju uticaja na hazard od klizišta, time što se smanjuje kritičan sadržaj vode u tlu pri kome intenzivne padavine mogu dovesti učestalijih pojava klizišta i tecišta. Primer takvog događaja kod nas je aktiviranje velikog broja klizišta u maju 2014 godine kada su kumulativne i intenzivne padavine dovele do masovne pojave plitkih klizišta i tecišta u zapadnoj Srbiji. Dijagram padavina za period 15.04.2014.-30.05.2014. pokazuje tipičnu krivu kritičnih suma padavina karakterističnu za ovakve događaje (Aleotti, 2004), (slika 9).



Slika 9. (A) Dijagram prosečnih dnevnih količina padavina za 10 klimatoloških stanica u Srbiji i BiH za period 15.04.-30.05.2014. (B) teorijski model kritičnih suma padavina (Aleotti, 2004)

Već je naglašeno da je u Srbiji gotovo nemoguće proceniti "pravi" hazard, već da se u najvećoj meri radi procena podložnosti terena na kliženje (iz više razloga, poglavlje 3). Procena polazi od tzv. stacionarnih parametara, od kojih je svakako litološki sastav terena najznačajniji. U prostornoj analizi polazi se od inženjerskogeoloških kompleksa ili inženjerskogeoloških članova čija je prostorna distribucija prikazana odgovarajućom kartom. U inženjerskogeološki model inkorporirana su svojstva stenskih masa, dakle i njihovi parametri čvrstoće, kao i stanje i podložnost stenskih masa ga fizičko-mehaničkom raspadanju (time i promeni svojstava). Promene klimatskih parametara (tabela 2), imaće uticaja na intenzivnije površinsko raspadanje (degradaciju stenskih masa), čime će parametri čvrstoće (pre svega kohezija) biti promenjeni u odnosu na sadašnje parametre. Pored toga stvoriće se uslovi za brže formiranje kore površinskog raspadanja (a poznato je da najveći broj klizišta nastaje na kontaktu sveže stenske mase i kore površinskog raspadanja). Promene u vegetacionom pokrivaču i verovatno pojačana erozija dovešće do promene i mikoreliefnih oblika, dok će češće poplave i njima pojačana erozija obala reka dovesti do promene geometrije padina, odnosno odnosa komponenti pasivnih i aktivnih sila. Ukoliko pokušamo da projektujemo sve pretpostavke na poznate dijagrame dinamike kliženja, odnosno promene faktora sigurnosti tokom vremena (i odnosa uzročnika i aktivatora procesa), dolazimo do zaključka da će se vremenski period opadanja faktora sigurnosti skratiti, a da će periodi reaktiviranja procesa biti sve kraći. Intenzitet deformacija (tj. iznosi pomeranja mogu pokazati i drugačije odnose između inicijalnih i iznosa pomeranja kod reaktiviranja procesa). Oba dijagrama prikazana na slici 10. (A i B) prikazuju promene (opadanje) faktora sigurnosti (F_s) tokom vremena, odnosno faze aktivnosti procesa i odnose deformacija u vremenu. Nažalost, većinu ovih promena teško je, gotovo nemoguće, kvantitativno izraziti u modelu procene podložnosti ili hazarda od klizišta na nacionalnom ili regionalnom nivou (osim semi-kvantitativno ili ekspertske).

Time dolazimo do modela procene na detaljnom nivou, odnosno do determinističkih ili probabilističkih metoda procene u koje je moguće uključiti promenu parametara stenske mase, ali i promenu nivoa podzemne vode (koja se teorijski očekuje, bilo kao posledica dugotrajnih ili kratkotrajnih promena porasta temperature ili promena padavinskog režima). Slično je i sa modelima i simulacijama tečenja, tj. tecištima. Prvi model ima značajno ograničenje - prostorna analiza F_s zasniva se na modelu beskonačne kosine i važi samo za plitka klizišta. Drugi model zahteva određivanje reoloških parametara suspenzije, te je trenutno laboratorijsko ispitivanje nemoguće sprovesti u Srbiji, tako da se modeliranje svodi na simulacije mogućih deformacija.



Slika 10. (A) Dijagram promene faktora sigurnosti (F_s) tokom vremena - odnos uzročnika i aktivatora procesa nestabilnosti (Popescu, 1996); (B) Dijagram promene iznosa deformacija tokom različitih faza aktivnosti procesa (Leroueil i dr., 2006)(modifikovano)

5. HAZARD OD KLIZIŠTA I PUTEVI SRBIJE VS. PROMENE KLIME

Poslednji ekstremni klimatski događaj iz maja 2014. godine ostavio je pustoš na državnim putevima i lokalnoj infrastrukturi (Jotić i dr., 2015). Procena šteta na putevima Srbije tima Programa za razvoj Ujedinjenih nacija (UNDP) je iznosila 166.5 miliona EUR-a, što je blizu 11% ukupnih (ali i direktnih) šteta koje je tada pretrpela Srbija. Sličan događaj po masovnosti aktiviranja klizišta i poplavama, ali drugačiji po aktivatorima, desio se i 2006. godine u centralnim i jugozapadnim delovima Srbije. Od 2014. godine do danas, više puta je tokom različitih meseci proglašavano vanredno stanje u opštinama istočne i zapadne Srbije zbog različitih klimatskih događaja, uključujući i potpuni kolaps saobraćaja na koridoru X (E-75) zbog snežnih nanosa na deonici između Leskovca i Aleksinca početkom januara ove godine. Promene parametara klime su očigledne i po mnogo čemu netipične za pojedina godišnja doba.

Hazard od klizišta nije procenjen, ali je svakako prisutan na putnoj mreži Srbije i na to nam ukazuju istorijski podaci o dogođenim procesima nestabilnosti (klizištima, tecištima, odronima). Putna mreža, kao element u riziku na različite načine je izložena hazardu, odnosno ima različiti stepen ugroženosti (zavisno od kategorije puta, stanja puta, godišnje frekvencije vozila, važnosti za lokalnu zajednicu i dr.), tj. ima različiti rizik od klizišta.

Postavlja se pitanje kako pristupiti uključivanju projekcija promene klimatskih parametara u proces upravljanja putnom infrastrukturom, sa aspekta uticaja njihovih promena na stabilnost terena - hazarda - pre svega padina i kosina koje su ujedno i elementi puta kao konstrukcije u opštem.

U poglavlju 2, tabela 2. prikazani su očekivani mogući uticaji promene klimatskih parametara na stabilnost terena, tj. padina i kosina, dok su na slici 8. prikazani mogući uticaji: regionalni/lokalni, dugotrajni/kratkotrajnih i direktnih/indirektni za najčešće mehanizame kretanja. Svaki od pomenutih uticaja trebalo bi posebno razmatrati, odnosno posmatrati pozitivne ili negativne posledice na ukupnu stabilnost terena i stabilnost teren-konstrukcija s jedne strane, ali ne treba ni zanemariti činjenicu da bi trebalo posmatrati kakve su posledice na postojeću putnu mrežu, odnosno koliko je moguće uključiti projekcije u planiranje i projektovanje novih putnih pravaca.

Regionalne projekcije promene prosečnih temperature vazduha i prosečnih suma padavina za period do 2040 godine u Srbiji (slika 2 i slika 3) ukazuju na porast prosečnih temperatura vazduha i neznatan porast prosečnih suma padavina (posebno u zapadnim delovima Srbije). Veliki broj autora se slaže da su značajni podaci o mogućim ekstremnim padavinama isto koliko podaci o povećanju ili smanjenju ukupnih suma.

Ukoliko posmatramo planiranje i projektovanje novih putnih pravaca, svakako da bi se procena hazarda od klizišta i projekcije promene klimatskih parametara mogli uključiti u plansku i tehničku dokumentaciju. Preispitivanje tehničkih standarda i normativa je postavljeno kao pitanje iskustava nakon maja 2014. godine, što pruža mogućnost da se kod projektovanja novih putnih pravaca uzmu u obzir i promene klime i uticaj na elemente hazarda od klizišta. Kao primer indirektnog budućeg uticaja na projektovanje novih puteva se može navesti, da recimo projektovano ublažavanje kosina zbog promena fizičko-mehaničkih parametara stenskih masa dovodi do proširenja zone eksproprijacije, što uvećava cenu izgradnje pojedinih deonica.

S druge strane, ukoliko posmatramo postojeću putnu mrežu, velika je verovatnoća da možemo hazard od klizišta vs. promene klime, sagledavati i na regionalnom i na lokalnom nivou. Na regionalnom nivou je velika verovatnoća da će morati da se više ulaže u pojačano održavanje, rehabilitacije i hitne sanacije pojedinih putnih pravaca. Na lokalnom nivou se očekuju češći ciklusi reaktiviranja klizišta, odnosno naglo opadanje faktora sigurnosti već uslovno stabilnih padina i brži progresivni lom, što nas kao i u prethodnom dovodi do dodatnih, neophodnih ulaganja u putnu infrastrukturu.

6. ZAKLJUČAK

U radu je razmatran uticaj promena klime tj. pojedinih parametara klime na hazard od klizišta i putnu mrežu kao element rizika od klizišta u Srbiji. Složeni odnosi pojedinih parametara klime, kao padavina na primer, i njihovog uticaja na stabilnost terena u budućnosti ukazuju da je neophodno sprovesti čitav niz aktivnosti koje bi pomogle u modeliranju hazarda od klizišta kako na nacionalnom, tako i na regionalnom, odnosno na detaljnom nivou. Jedan od prvih koraka je prikupljanje relevantnih podataka o procesima nestabilnosti na putnoj mreži Srbije, definisanje uzročnika i posebno aktivatora, što podrazumeva datiranje pojava nestabilnosti, ali i ozbiljnije analize režima padavina sa većeg broja klimatoloških ili padavinskih stanica. Definisanjem regionalnog modela tzv. *threshold*-a, odnosno kritičnih uslova, stvorili bi se preduslovi da se adekvatno reaguje (u smislu sistema za rano upozoravanje), što možda ne bi uvek dovelo do sprečavanja deformacija konstrukcije, ali bi dovelo do poznavanja kritičnih deonica puta na kojima je neophodno izvršiti dodatne mere stabilizacije.

Projekcije promena klime su mogući scenariji zasnovani na prognozama emisije štetnih gasova s jedne strane, s druge strane je procena hazarda od klizišta takođe projekcija budućeg stanja stabilnosti terena. Oba modela zavise od ulaznih podataka, ali i od primenjene metode modeliranja, te su nivoi grešaka mogući na različitim nivoima procene i izrade modela, i ove činjenice obavezno treba imati u vidu.

Zahvale

Rad je u deo istraživanja projekta TR36009 Primena GNSS i TLS u monitoring stabilnosti infrastrukturnih objekata i terena, koga finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, na čemu im se zahvaljujem.

Literatura

- [1] Abolmasov B. (2007). Vrednovanje parametara geološke sredine za ocenu hazarda klizanja terena. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd. 258 str.
- [2] Abolmasov B., Krušić J., Andrejev K., Marjanović M., Stanković R., Đurić U. (2017). Primena AHP i WoE metode u proceni podložnosti terena na klizanje na primeru opštine Krupanj. Časopis Izgradnja (u štampi).
- [3] Aleotti P. 2004. A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology* 73 (3/4): 247- 265.
- [4] Aleotti P., Chowdhury R. 1999. Landslide hazard assessment:summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 58:21-44.
- [5] Andrejev K., Krušić J., Đurić U., Marjanović M., Abolmasov B. (2017). Relative Landslide Risk Assessment for the City of Valjevo. In: M. Mikoš et al. (eds.), *Advancing Culture of Living with Landslides, Proceedings of 4th World Landslide Forum, Ljubljana 29 May-02 June 2017*. Vol 3. pp. 525-523. Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-53483-1_62
- [6] Australian Geomechanics Society 2007. Landslide risk management concepts and guidelines. Australian Geomechanics Society, Sub-Committee on Landslide Risk Management.
- [7] BEWARE, <http://geoliss.mre.gov.rs/beware/>
- [8] Cascini L. 2008. Applicability of landslide susceptibility and hazard zoning at different scales. *Engineering Geology* 102: 164–177.
- [9] Cascini L. Applicability of landslide susceptibility and hazard zoning at different scales, *Engineering Geology* 102, pp.164–177, 2008.
- [10] Chowdhury R. N. 1988. Special lecture: Analysis methods for assessing landslide risk-recent developments. In: Bonnard S. (eds). *Landslides - Glissements de terrain. Proceedings of the 5 th ISL. Laussane 10-15 July 1988*. A.A.Balkema, Rotterdam. Vol 1. 515-524.
- [11] Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie and T. Zhou, 2013: Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Wells, A.T.; Rodrigues, C.C. 2003. *Commercial aviation safety*. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA. 350 p.
- [12] Corominas J., van Westen., Frattini P., Cascini L., Malet JP., Fotopolou S., Catani F., Van Den Eeclhout M., Mavrouli O., Agliardi F., Pitikalis K., Winter M., Pastor., Ferlisi S., Tofani V., Hervas J., Smith JT. 2014. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulleting of Engineering Geology and Environment* 73:209-263.
- [13] Crozier M. & Glade T. 2005. Landslide hazard and risk:Issues, Concepts and Approach. In: Glade T., Anderson M.& Crozier M. (Eds) 2005. *Landslide hazard and risk*. John Willey & Sons, Ltd. England , February 2005. 1-40.
- [14] Cruden D. and D.F. VanDine (2013). Classification, Description, Causes And Indirect Effects- Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides: a national initiative for loss reduction, Geological Survey Of Canada Open File 7359, 2013.
- [15] Cruden D.M. & Varnes D.J. 1996. Landslide types and processes. In: Turner K.& Shuster L.R. (Eds). *Landslides, investigations and Mitigation*. Special report 247, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. 36-75.
- [16] Đurić D., Mladenović A., Pešić-Georgiadis M., Marjanović M., Abolmasov B. (2017). Using multiresolution and multitemporal satellite data for post disaster landslide inventory in the Republic of Serbia. *Landslides, On line*. DOI 10.1007/s10346-017-0847-2, ISSN 1612-510X. IF (2016) 3.657, *Engineering geological* (1/35) <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0847-2>

- [17] Einstein H.H. 1988. Special lecture: landslide risk assessment procedure. In: Bonnard S. (eds). Landslides - Glissements de terrain. Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides. Laussane 10-15 July 1988. A.A.Balkema, Rotterdam. Vol 2. 1075-1090
- [18] Fawcett T. 2006. An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters* 27: 861–874.
- [19] Fell R. 1994. Landslide risk assessment and acceptable risk. *Canadian Geotechnical Journal* 31: 261-272.
- [20] Fell R.; Corominas J.; Bonnard C.; Cascini L.; Leroi E.; Savage WY. 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102: 85-111
- [21] Gariano SL, Guzzetti F (2016). Landslides in a changing climate. *Earth Science Reviews*, doi: 10.1016/j.earscirev.2016.08.011.
- [22] Guzzetti F, Carrara A, Cardinali M, Reichenbach P. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31, pp.181–216, 1999.
- [23] Hungr O, Leroueil S, Picarelli L, (2012). Varnes classification of landslides types, an update. Proceedings of the 11th International and 2nd American Symposium on Landslides and Engineered Slopes, Banff, Canada, 3-8 June, 2012. Eds, Eberhardt E, Froese C, Turner K, Leroueil S, Taylor&Francis Group, London, Vol 1, pp. 47-58.
- [24] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Available at <http://www.ipcc.ch/> (02.08.2017).
- [25] Jotić M., Vujanić V, Jelisavac, B., Zlatković, M., Milenković, S. (2015). Klizišta i štete na saobraćajnoj infrastrukturi u Srbiji, *IZGRADNJA*, 69 (5-6), 215-224.
- [26] Kržić A.; Tošić I.; Djurdjević V.; Veljović K.; Rajković B. 2011. Changes in climate indices for Serbia according to the SRES-A1B and SRES-A2 scenarios. *Climate Research* 49: 73–86, doi: 10.3354/cr01008.
- [27] Lee E.M. & Jones D.K.C. 2004. *Landslide Risk Assessment*. Tomas Telford Ltd., UK. 2004. 454 pp.
- [28] Lee E.M. and Jones D.K.C. (2004). *Landslide Risk Assessment*. Tomas Telford Ltd., UK. 454 pp.
- [29] Leroi E. 1996. Landslide hazard-risk maps at different scales: Objectives, tools and developments. Special lecture. In: Senneset K. (Eds) *Proceeding of the VII International Symposium on Landslides*, Trondheim, 17-21. June 1996, Norway. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. Vol I. 35-51 p.
- [30] Leroueil S., Locat J., Vaunat J., Picarelli L., Lee H., Faure R. (1996). Geotechnical characterization of slope movements. Special lecture. In: Senneset K. (Eds) *Proceeding of the VII International Symposium on Landslides*, Trondheim, 17-21. June 1996, Norway. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. Vol I. 53-74.
- [31] Marjanović M., Abolmasov B., Đurić U., Zečević S. (2013). Impact of geo-environmental factors on landslide susceptibility using an AHP method: A case study of Fruška Gora Mt., Serbia. *Annales Geologiques de la Peninsule Balkanique* 74: 91-100. ISSN 0350-0608
- [32] Marjanović M., Bajat B., Abolmasov B., Kovačević M. (2018). Machine Learning and Landslide Assessment in a GIS Environment. In (Eds: Jean-Claude Thill and Suzana Dragicevic). *Geo Computational Analysis and Modeling of Regional Systems, Part of Advances in Geographic Information Science Book Series (AGIS)*, pp 191-213. *First Online* ISSN 1867-2434 ISSN 1867-2442 (electronic), ISBN 978-3-319-59509-2 ISBN 978-3-319-59511-5 (eBook) DOI 10.1007/978-3-319-59511-5. Springer International Publishing Ag, Part of Springer Nature.
- [33] Marjanović M., Đurić U., (2016) From Landslide Inventory to Landslide Risk Assessment: Methodology, current practice and challenges. III Congress of Geologists of the Republic of Macedonia, September 30 - October 02, Struga Macedonia, pp. 199-208.
- [34] Marjanović, M., Kovačević, M., Bajat B., Mihalić, S. & Abolmasov, B. (2011). Landslide Assessment of Starča Basin (Croatia) Using Machine Learning Algorithms. 45-55. *Acta Geotechnica Slovenica* 2011/2. ISSN 1854-0171. (IF 2011 0,100) <http://www.fg.uni-mb.si/journal-ags/2011-2-en.asp>

- [35] Peševski I., Jovanovski M., Abolmasov B. (2017). Landslide Susceptibility Modeling Using Arbitrary Polinomal Method. Proceedings of 2nd Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region - 2nd ReSyLAB 2015, Eds: Abolmasov B., Marjanović M., Đurić U., University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia, pp. 137-142. ISBN 978-86-7352-296-8. <http://resylab2015.rgf.rs/>
- [36] Popescu M. (1996). From landslides causes to landslide remediation. In: Senneset K. (Eds) Proceeding of the VII International Symposium on Landslides, Trondheim, 17-21. June 1996, Norway. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. Vol I. 75-96.
- [37] Rajković B., Vujadinović M. and Vuković A. (2013). Report on revisited climate change scenarios including review on applied statistical method for removing of systematic model errors, with maps of temperature, precipitation and required climate indices changes; Second national communication of the Republic of Serbia under the United Nations framework convention on climate change. MERZ, Belgrade, Serbia (on-line) available at <http://haos.ff.bg.ac.rs/climatedb-srb/>. (05.08.2017).
- [38] Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, UNISDR/GE/2015 - ICLUX EN5000 1st <http://edition.www.unisdr.org>
- [39] Van Westen C.J., Castellanos E., Kuriakose S. 2008. Spatial data for landslide susceptibility, hazard and vulnerability assessment: An overview. Engineering Geology 102: 112-131.
- [40] Van Westen C.J., Van Asch T.W.J., Soeters R. 2005. Landslide hazard and risk zonation-why is it still so difficult? Bulletin Engineering Geology and Environment 65: 167-184.
- [41] Varnes D.J. 1984. Landslides hazard zonation: a review of principles and practice. *Natural Hazards* 3. UNESCO Press, Paris. 63 pp.

EKSTERNI EFEKTI U EKONOMSKOM VREDNOVANJU PROJEKATA

dr Draženko Glavić, dipl. inž. saobr.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, drazen@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković, mast. inž. saobr.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Jovana Orestijević, student osnovnih studija

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beograd, jovanaorestijevic55@gmail.com

Natalija Tomić, student osnovnih studija

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, natalijatomic95@gmail.com

Rezime: U radu je prikazan uticaj puta i saobraćaja na okolinu u ekonomskom vrednovanju putnih projekata (izradi Prefeasibility studije u Generalnom projektu, odnosno Feasibility studije u Idejnom projektu). U ekonomskom vrednovanju, uloga životne sredine je najčešće do sada izostavljana, međutim u novom EU uputstvu za CBA i vrednovanje infrastrukturnih projekata analiza ovih troškova i koristi je sastavni deo studije. Navedeni uticaj puta i saobraćaja na okolinu u ekonomskom vrednovanju može biti jednostran (samo kroz komponentu COST) ili dvostran (istovremeno kroz komponentu COST i kroz komponentu BENEFIT). Kroz pregled urađenih studija za velike infrastrukturne objekte u Srbiji i Republici Srpskoj, analiziraće se uključivanje ovih efekata sa navedena dva aspekta. U radu će nakon analize postojeće prakse u izradi Studija opravdanosti u Srbiji biti date preporuke i zaključci.

Ključne reči: Troškovi, koristi, buka, aerozagađenje, klimatske promene, Studija Opravdanosti, Studija uticaja na okolinu

EXTERNAL EFFECTS IN ECONOMIC EVALUATION OF PROJECTS

Draženko Glavić, Ph.D.T.E

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, drazen@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković, M.Sc.T.E

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Jovana Orestijević, B.Sc. candidate

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, jovanaorestijevic55@gmail.com

Natalija Tomić, B.Sc. candidate

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, natalijatomic95@gmail.com

Abstract: The paper presents the impact of road and traffic on the environment in the economic evaluation of road projects (during the preparation of Prefeasibility study in the Preliminary Design and Feasibility Study in the Conceptual Design). The role of environment has been most frequently omitted in the economic evaluation so far. However, the new EU guide to the CBA and evaluation of infrastructure projects states that the analysis of these costs and benefits should be an integral part of a study. The mentioned impact of road and traffic on the environment in the economic evaluation can be one-sided (regarding only the component of COST) or double-sided (at the same time considering both the component COST and the component BENEFIT). The inclusion of these effects with the two stated aspects will be analyzed through a review of the conducted studies for large infrastructure facilities in Serbia and Republika Srpska. Following the analysis of the existing practices in the preparation of Feasibility Study in Serbia, the paper will provide recommendations and conclusions.

Keywords: Cost, benefits, noise, airpolution, climate change, Feasibility study, Environmental impact studies

1. UVOD

Razvoj saobraćaja za posledicu ima veliki broj pozitivnih i negativnih eksternih efekata. U pozitivne eksterne efekte mogu se uvrstiti doprinos ekonomskom razvoju okruženja pored saobraćajnica, ekonomska korist tokom izgradnje objekata, u vidu otvaranja novih radnih mesta, razvoja privrede i uspostavljanja saobraćajnih veza između različitih područja grada, regiona i države. U negativne eksterne efekte saobraćaja ubrajaju se: klimatske promene, zagađenje vazduha, zagušenje, saobraćajne nezgode, buka, gubitak zemljišta, itd. Međutim, u ekonomskom

vrednovanju putnih projekata u Srbiji i Republici Srpskoj navedeni efekti, posebno negativni eksterni efekti, su najčešće do sada izostavljeni. Imajući to u vidu, cilj rada je da se analiziraju dosadašnji inostrani modeli za proračun negativnih eksternih efekata koji bi mogli naći primenu u ekonomskom vrednovanju putnih projekata u lokalnim uslovima. Nakon toga, u radu je prikazana postojeća praksa u Srbiji i Republici Srpskoj u pogledu uključivanja ovih efekata prilikom izgradnje najvažnijih infrastrukturnih objekata. Na kraju su autori dali odgovarajuće preporuke kako bi se u budućim putnim projektima i ovi efekti uzeli u obzir imajući u vidu da njihov uticaj nije zanemarljiv.

2. PREGED LITERATURE

Razvoj saobraćaja i izgradnja puteva sa sobom nose niz negativnih i pozitivnih eksternih efekata. Pozitivni efekti, kao što je navedeno, se obično odnose na korist koju stanovnici područja na kom se gradi put dobijaju njegovom izgradnjom. Tokom izgradnje puta veliki broj ljudi dobija radno mesto, pa se posledično tome povećava vrednost ličnog dohotka. Takođe, prilikom izgradnje povećava se obim poslovanja firmi koje su zadužene za dopremanje potrebnog materijala za izgradnju. Po završetku izgradnje, saobraćajnica doprinosi boljoj povezanosti različitih delova grada, regiona, države što omogućava korisnicima da na lakši način stignu od tačke A do tačke B. Zahvaljujući kraćem vremenu putovanja, koji omogućava razgranata mreža puteva, korisnici svoje uštedeno vreme preusmeravaju na druge društvene aktivnosti. Pozitivni efekti se izučavaju, primenjuju i prikazuju, dok se negativni efekti ne proćavaju u dovoljnoj meri jer im se do sada nije pridavala velika važnost, a jedan od ključnih razloga je to što ih je veoma teško kvantifikovati. Negativni eksterni efekti su prisutni tokom izgradnje, ali i tokom eksploatacije puteva. U nastavku će biti prikazani upravo negativni eksterni efekti koji su analizirani kroz različite studije.

Pignier (2015) je u Švedskoj analizirao troškove koje buka prouzrokuje na društvo i pri tome je koristio hedonistički model zasnovan na tržištu nekretnina. Ovaj metod procenjuje iznos novca koji su ljudi spremni da plate da bi živeli u mirnijem području. U radu su prikupljeni podaci o cenama pojedinačnih kuća, a potom je izvršena procena uticaja saobraćajne buke na odgovarajuću vrednost kuća. Rezultati pokazuju da jedna porodična kuća izgubi 30% svoje vrednosti ako je smeštena u blizini puta sa saobraćajem koji emituje visoki nivo buke. Na osnovu hedonističkog metoda troškovi saobraćajne buke mogu se proceniti za globalni transport (Tabela 1) i za pojedinačna transportna sredstva (Tabela 2).

Tabela 1. Procena ukupnih troškova koje proizvodi buka

Zemlje	%GDP-a
Francuska	0,24
Nemačka	0,20
Norveška	0,23
UK	0,50
US	0,06-0,21
Japan	0,20
OECD	0,15

Tabela 2. Troškovi buke za različite vidove prevoza, 2007. USD po vozilu po milji

Vrste vozila	Gradsko područje u vršnom periodu	Gradsko područje u vanvršnom periodu	Ruralno područje	Prosečna vrednost
Prosečan automobil	0,013	0,013	0,007	0,011
Električni automobil	0,004	0,004	0,004	0,004
Kamion	0,014	0,013	0,007	0,011
Prevoz putnika u vozilima sa visokom popunjenošću	0,000	0,000	0,000	0,000
Dizel autobus	0,066	0,066	0,033	0,053
Električni autobus	0,040	0,040	0,020	0,032
Motocikl	0,132	0,132	0,066	0,106
Bicikl	0,000	0,000	0,000	0,000
Pešačenje	0,000	0,000	0,000	0,000
Rad od kuće	0,000	0,000	0,000	0,000

Pignier (2015) je takođe uporedio troškove saobraćajne buke sa drugim eksternim troškovima. Komparativna analiza različitih eksternih troškova prikazana je u Tabeli 3.

Tabela 3. Ukupni eksterni troškovi koje proizvodi saobraćaj, po kategorijama

	SN	Zagađenje vazduha	Buka	Klimatske promene (male)	Klimatske promene (velike)	Proces eksploatacije i tretiranja otpada (visok)	Proces eksploatacije i tretiranja otpada (nizak)	Ostalo	Ukupno
COST EU (mil €/god.)	154,042	26,762	7,905	39,486	137,969	37,366	20,930	10,240	373,284

Esen (2004) je prikazao različite metode za izračunavanje troškova saobraćajne buke. „Pathway Model“ je jedan od modela čiji je postupak izračunavanja troškova prikazan kroz korake. Prvi korak je procena emisije iz izvora buke. Drugi korak je određivanje vrste uticaja na ljudsko zdravlje, poljoprivredu, prirodnu sredinu, itd. Sledeći korak je procena broja osoba, životinja i biljaka koji su izloženi različitim nivoima buke tokom vremena. Zatim treba uspostaviti odnos između izloženosti buci i raznim zdravstvenim i socijalnim efektima, i predvideti konačan uticaj buke. Poslednji korak se odnosi na izračunavanje novčane vrednosti uticaja buke na zdravlje, prirodnu sredinu i sl.

Vlada Švajcarske (2004) je procenila da na godišnjem nivou troškovi saobraćajne buke iznose 869 miliona švajcarskih franaka. Od kojih 63%, ili 550 miliona švajcarskih franaka, izaziva prevoz putnika. Preostali deo od 37% ili 320 miliona franaka su izazvani zahtevima za prevoz robe. Ova cifra odgovara vrednosti od 140 švajcarskih franaka po glavi stanovnika, odnosno 0,25% BDP-a.

Maitre i ostali (2014) su razmatrali i izučavali ukupnu, prosečnu i marginalnu vrednost troškova buke za drumski saobraćaj, u evrima po kilometru. Da bi se izračunali troškovi buke mora se uzeti u obzir period vremena i doba dana. Za svaki period potrebno je odrediti indikator. Posmatraju se tri perioda u toku dana, od 7h do 19h, od 19h do 23h i od 23h do 7h. Ova tri perioda se mogu zbirno koristiti za sledeće formule.

$$LDEN = 10 \log \left(\frac{12}{24} * 10^{\frac{LD}{10}} + \frac{4}{24} * 10^{\frac{LE+5}{10}} + \frac{8}{24} * 10^{\frac{LN+10}{10}} \right)$$

gde su:

- LD, LE i LN nivoi buke izračunati za dan, veče i noć

Buka je predstavljena zavisnom funkcijom intenziteta saobraćaja, udaljenosti od izvora emisije buke i drugih faktora koji utiču na buku (%TV, barijera i sl.). Ukupni troškovi buke dobijaju se množenjem broja stanovnika izloženih buci sa cenom buke u € po dB po osobi.

$$\text{ukupni troškovi} = \sum \text{cost}(L_i) * \text{pop}_i$$

gde je:

- L_i nivo buke
- pop_i broj osoba izloženih nivou buke L_i

Prosečni troškovi se definišu kao ukupni troškovi buke od drumskog saobraćaja podeljeni sa pređenim kilometrima.

$$\text{prosečni troškovi} = \frac{\sum \text{cost}_i * \text{pop}_i}{T}$$

gde je:

- T pređeni kilometri u saobraćaju

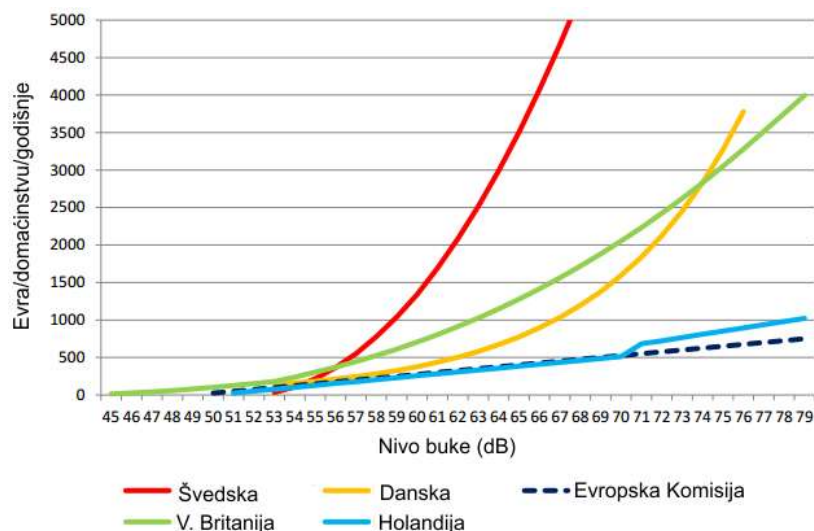
Marginalni trošak je trošak jednog dodatnog vozila na putu.

$$\text{marginalni troškovi} = \frac{\partial(\text{ukupni troškovi})}{\partial T} = \sum_i \frac{\partial(\text{cost}(L_i) * \text{pop}_i)}{\partial T} = \sum_i \text{pop}_i \frac{\partial(\text{cost})}{\partial L} \frac{\partial L}{\partial T}$$

gde je:

- $\frac{\partial L}{\partial T}$ marginalna promena nivoa buke

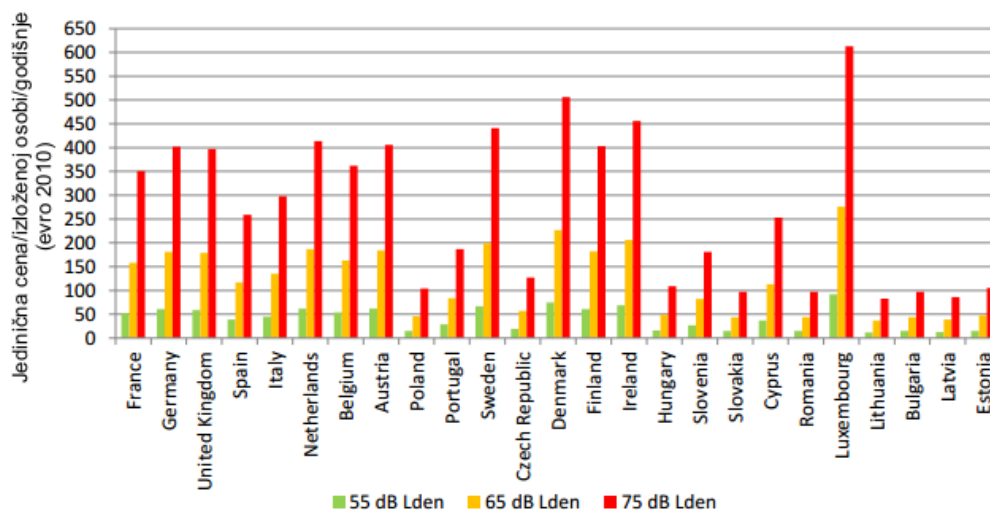
Fryd (2017) je kroz Cost-Benefit analizu razmatrao odnos između troškova koje stvara saobraćajna buka za društvo i troškova zaštite od buke. U radu su prikupljene informacije o troškovima po jedinici buke za drumski saobraćaj u Danskoj, Holandiji, Švedskoj i Velikoj Britaniji. Cene nisu direktno uporedive jer se zasnivaju na različitim metodologijama. Ipak, one daju pregled ogromne razlike vrednovanja buke širom Evrope. U Švedskoj i Danskoj prilikom procene saobraćajne buke uzimaju se u obzir i kvalitet života i zdravlje stanovnika. Nakon dodele novčane vrednosti rezultati se mogu konvertovati u novac. Dodeljivanje novčane vrednosti postavlja niz teških pitanja koja se tiču vrednosti života, bez obzira da li život u jednoj zemlji vredi isto kao i u drugoj. Na Slici 1 prikazani su jedinični troškovi buke za pomenute zemlje i preporučene vrednosti Evropske komisije.



Slika 1. Jedinični troškovi buke

Kao što se može videti na Slici 1 jedinična cena buke posebno varira pri višim nivoima izlaganja buci. Za 55dB buke razlike između Danske, Holandije, Švedske i Velike Britanije variraju i do oko 100%. Za buku od 65dB jedinična vrednost buke varira više od 800%.

Fryd (2017) je takođe analizirao eksterne troškove buke za nivoe od 55dB, 65dB i 75dB po osobi (Slika 2).



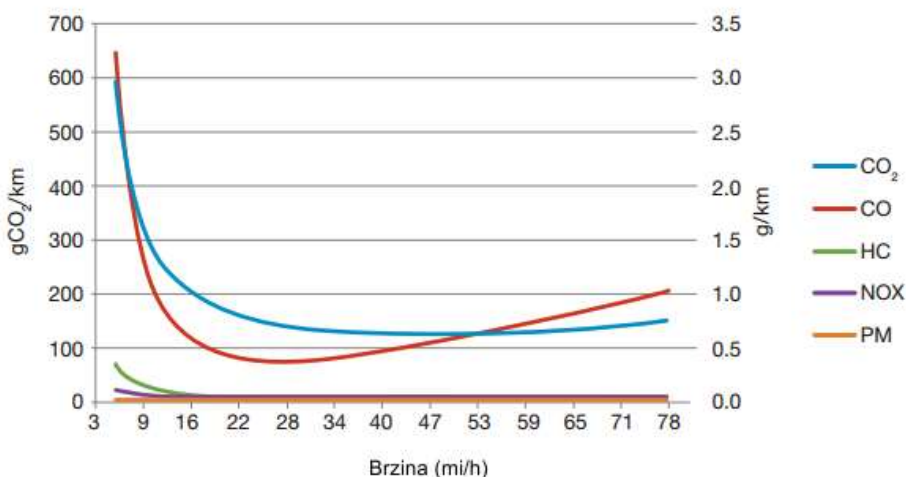
Slika 2. Eksterni troškovi buke za različite nivoe

U poređenju sa Slikom 1 troškovi prikazani na Slici 2 značajno variraju. Najveći eksterni troškovi su za nivo buke od 75dB, ali i oni variraju u zavisnosti od posmatrane zemlje. Razlog tome su različite metode izračunavanja eksternih troškova.

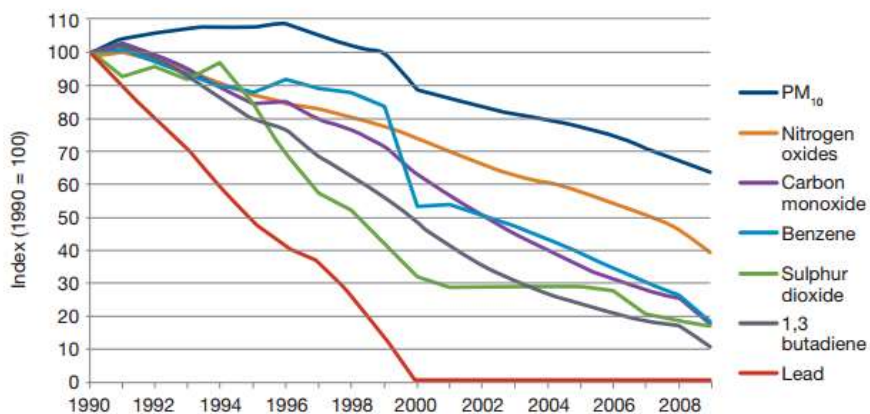
US EPA (2008) je u svom radu razvila model „MOBILE6” pomoću kog se utvrđuju emisije vozila pri različitim okolnostima. Faktori koji utiču na stope emisija su: tip vozila (veća vozila imaju tendenciju da proizvode više emisija), starost vozila i stanje (stara vozila imaju manje efikasne sisteme kontrole emisije), stil vožnje (ubrzanja imaju tendenciju da povećaju stopu emisije) i uslovi vožnje (kretanje po brdskom području smanjuje brzinu kretanja, a povećava količinu emisije). Kao rezultat toga, potrošnja energije i emisija će verovatno opasti pri prelasku od nivoa usluge F do D, dok će prelazak od nivoa usluge D do A izazvati povećanje.

Preduzeće za puteve Australije (2011) je sprovedo pilot istraživanje uticaja uličnog osvetljenja na smanjenje potrošnje energije i emisije, uz održavanje odgovarajuće bezbednosti na putevima. Istraživanje je sprovedeno u periodu od 2008. god. do 2011. god., u zapadnoj Australiji. Ovo pilot istraživanje je uključivalo isključivanje osvetljenja u izabranim ulicama između određenih raskrsnica, od 01:00h do 05:00h. Nakon tri godine smanjena ulična rasveta dovela je do smanjenja troškova od 560 000\$ i oko 8 500t emisije ugljenika.

Boh (2012) je u okviru svog rada u Velikoj Britaniji analizirala uticaje brzine na zagađenje i buku. Prilikom kretanja vozila emituju niz štetnih materija čija se količina razlikuje zavisno od brzine kretanja, vrste vozila, odnosno tipa motora. Glavni zagađivači su: ugljen-monoksid (CO), ugljo-vodonici (HC), oksidi azota (NO_x) i čestice (PM). Boh (2012) je generalno došla do nalaza da se emisija HC smanjuje sa povećanjem brzine, dok CO i PM imaju najnižu vrednost emisije pri prosečnim brzinama (Slika 3). Međutim, ove emisije su u konstantnom padu tokom poslednje dve decenije, kao što je prikazano na Slici 4.

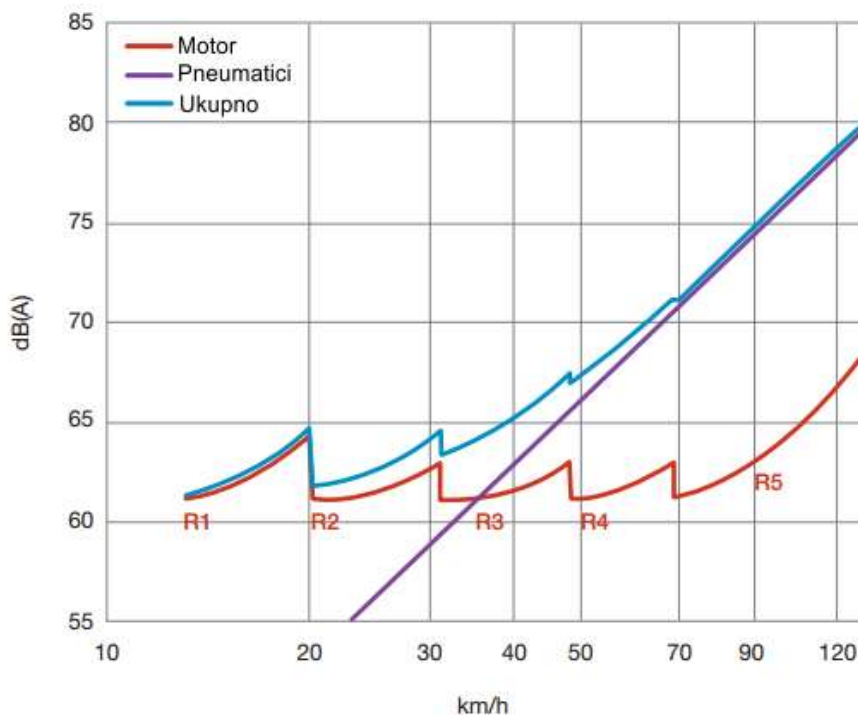


Slika 3. Emisija zagađivača u funkciji brzine



Slika 4. Emisija zagađivača od 1990-2009.

Brzina takođe ima značajan uticaj na buku koju emituje vozilo, Boh (2012). Niže brzine će, generalno, smanjiti nivo buke, dok učestalost ubrzanja takođe može imati značajan uticaj na buku. Buku emituju i pneumatici i motor vozila. Na Slici 5 je prikazano relativno učešće buke motora i pneumatika u ukupnoj buci koju emituje vozilo u odnosu na brzinu kretanja. Buka motora dominira do 35 km/h, a onda vrednosti buke pneumatika dolaze do izražaja. Sa povećanjem brzine pneumatici postaju osnovni izvor buke koju proizvodi automobil.



Slika 5. Odnos buke motora i pneumatika u funkciji brzine

Beek i ostali (2007) su, u Holandiji, analizirali odnose između brzine saobraćaja, sa jedne strane, i zagađenja vazduha, emisije CO₂, NO_x i bezbednosti saobraćaja, sa druge strane. Velika brzina, velike razlike u brzini između vozila u toku, kao i promene brzine prilikom ubrzanja i usporenja imaju negativan efekat na bezbednost saobraćaja, kvalitet vazduha i klimatske promene. Pri putovanju na kratkim relacijama velika brzina ne dolazi do izražaja, odnosno vreme putovanja se bitno ne skraćuje, ali vozači smatraju da ako se kreću većom brzinom da će znatno smanjiti vreme putovanja. U radu su obuhvaćene sledeće mere: smanjenje brzine na autoputu na 80 km/h, kontrola brzine, sistemi upozorenja i eko vožnja i mera „drive slow go fast“. Smanjenje brzine na autoputu na 80 km/h sprovedeno je na delu autoputu A13 između Haga i Roterdama gde je brzina smanjena sa 100 km/h na 80 km/h. Nakon pilot istraživanja rezultati su pokazali da je koncentracija NO₂ smanjena za 4-6%, PM10 za svega 1%, NO_x za 13%, a posledice saobraćajnih nezgoda su smanjene za 50%. Takođe, postignut je pozitivan efekat na uslove u saobraćajnom toku. Većina ostalih sprovedenih mera je imala pozitivne efekte na poboljšanje kvaliteta vazduha, klimatskih efekata i bezbednosti saobraćaja. Neke mere su pokazale negativne efekte, poput porasta vremena putovanja i porasta zagušenja. Jedina mera koja je imala samo pozitivne efekte je „drive slow go fast“. Ona je dovela do smanjenja brzine, što je u ovom slučaju rezultiralo smanjenju vremena putovanja. Studija pokazuje da je smanjenje ograničenja brzine dovelo do značajnog smanjenja emisije NO₂ i teških saobraćajnih nezgoda. Nakon ovog istraživanja „zone“ od 80 km/h su imlementairane na jos devet lokacija u zapadnom delu Holandije.

Sartori i ostali (2014) su izdali priručnik za Cost-Benefit analizu investicionih projekata gde su prikazali ekonomski uticaj buke, klimatskih promena i zagađenja vazduha. Ekonomski troškovi buke potiču od ograničenja obavljanja željenih aktivnosti i negativnog uticaja na ljudsko zdravlje, npr. rizik od kardiovaskularnih bolesti koje mogu biti izazvani nivoom buke iznad 50dB. Troškovi buke variraju u zavisnosti od doba dana, gustine naseljenosti i blizine

izvora buke, blizine infrastrukturnog objekta i nivoa postojeće buke. U putnim projektima postoji nekoliko modela za procenu efekata buke. Najviše se koristi hedonistički model koji meri ekonomsku cenu dodatnih izloženosti buci. Primenom ovog modela ukupan trošak buke se izračunava na veoma jednostavan način uzevši u obzir broj kuća koji su pod uticajem buke i prosečne cene izloženosti buci po jednoj kući. Osim toga CBA treba da integriše ekonomske troškove klimatskih promena usled pozitivnih ili negativnih varijacija GHG emisija. Što se tiče saobraćaja glavne GHG emisije su emisije ugljen-dioksida (CO₂), azot-oksida (N₂O) i metana (CH₄). Emisija navedenih gasova utiče na globalno zagrevanje planete, podizanje nivoa mora, zdravlje, ekosistem i biodiverzitet. Da bi se odredili eksterni troškovi emisija koje utiču na klimatske promene primenjuje se sledeći model:

$$\text{Troškovi GHG emisije} = \text{VGHG} * \text{CGHG},$$

gde su:

- VGHG je količina GHG emisije izražena u CO₂ ekvivalentima
- CGHG je jedinična cena CO₂ za godinu u kojoj se analiza sprovodi

Troškovi ne zavise od lokacije na kojoj se investicija nalazi. Obim zagađenja vazduha trebalo bi da bude izračunat na osnovu nacionalnih emisionih faktora, koji su grupisani zavisno od vrste vozila, imajući u vidu sastav voznog parka. Navedeni faktori se potom pomnože sa transportnim radom.

Dehnen i ostali (2014) su u svom radu izložili troškove i dali modele za proračun troškova buke, zagađenja i klimatskih promena. Povećanje urbanizacije znači i razvoj saobraćaja, ali sa razvojem saobraćaja dolazi do porasta buke, a sa razvojem urbanizacije do porasta broja ljudi koji su izloženi saobraćajnoj buci. U radu su opisana dva pristupa za izračunavanje troškova buke, „top-down“ i „down-top“. U pristupu „top-down“ procenjuje se broj ljudi koji su izloženi saobraćajnoj buci, a zatim se dobijeni rezultati ponderišu zavisno od vrste vozila. Troškovi koji se dobijaju „top-down“ metodom su prosečni. Pristup „down-top“ daje marginalne troškove buke. Za proračun troškova klimatskih promena analizirana su dva modela. Prvi pristup odnosi se na troškove štete koji se intuitivno mogu objasniti kao procena ukupnih troškova pod pretpostavkom da se ne preduzimaju napore za smanjenje klimatskih promena. To podrazumeva uključivanje različitih efekata povezanih sa promenama u nivou mora, pejzažu, dostupnosti pitke vode, vegetacije i sl. Drugi pristup se odnosi na troškove postizanja smanjenja emisije. Da bi se kvantifikovalo zagađenje potrebno je odrediti factor emisije vozila, zatim odrediti disperziju zagađenja oko izvora koji se modelira. Potreban podatak je i gustina naseljenosti stanovništva. Dobijeni rezultat, koji se mora pretvoriti u monetarnu vrednost, predstavlja procenu izloženosti populacije i ekosistema emisiji polutanata.

Newman i ostali (2012) su razmatrali smanjenje uticaja na životnu sredinu prilikom izgradnje puteva. Ustanovljeno je da postoje direktni i indirektni uticaji puteva na životnu sredinu. Smatra se da je veoma važno ispitati indirektno uticaje koji se odnose na krajnju upotrebu transportnog koridora. Putevi predstavljaju osnovu ekonomskih aktivnosti, ali su uticaji na životnu sredinu potcenjeni. Zemljani radovi, transport i asfaltiranje u vezi sa izgradnjom puteva, kao i emisije koje prouzrokuje saobraćaj, čine jedan od najvećih doprinosa klimatskim promenama, oko 22% globalne emisije ugljen-dioksida. Materijali koji se koriste za izgradnju puteva utiču na hemijski sastav sredine (preko toksičnih, otpadnih i podzemnih voda), dok projektovanje i izgradnja mogu dovesti do erozije i drugih mehaničkih oštećenja. Svaki kilometar puta zahteva velike količine betona, asfalta i čelika koji moraju biti transportovani i postavljeni. Sve to povlači veliki broj radnika koji moraju biti angažovani i plaćeni za svoj rad. Količine agregata mogu biti smanjene korišćenjem recikliranog materijala, međutim u praksi to nije zastupljeno zbog nedovoljnog znanja o tome kako se reciklirani materijal može koristiti kao agregat za izgradnju puteva. Prilikom izgradnje puteva treba nastojati da se troškovi izgradnje i održavanja smanje. Takva praksa doprinosi izgradnji održivih puteva. Održivi putevi se grade sa ciljem smanjenja uticaja na životnu sredinu. Novoprojektovani put mora odoleti svim klimatskim promenama i nestašicama resursa. Mora biti prilagodljiv promenama obima putovanja, transporta, biciklizma i sl.

Pearcet (2008) je posvetio pažnju izgradnji „slanih puteva“. Program se sastojao od izgradnje 5.000km saobraćajnica koristeći lowcost tehnike gradnje. Od toga 2.000km puteva izgrađeno je od soli magnezijuma i kalcijum-hlorida. Izgradnja puteva ovom metodom omogućila je jeftine puteve, a u isto vreme stvorila novu veštinu izgradnje i obezbedila posao. Ove tehnike se pojavljuju širom Meksika, Bolivije, Perua i Argentine.

3. ULOGA EKOLOGIJE U CBA

Prilikom ocene opravdanosti realizacije jednog investicionog projekta treba uvek imati u vidu efekte koje projekat donosi drugim organizacijama, odnosno široj zajednici. Pojedine investicije su po svojoj prirodi takve da se moraju posmatrati i ocenjivati pre svega sa šireg društvenog aspekta zbog svog velikog doprinosa koji daju u celini. Ovi projekti se na najbolji način mogu ocenjivati ako se analiziraju i uzmu u obzir ukupni efekti koje donosi posmatrani investicioni projekat. Cost-benefit analiza je proces kojim se vrši poređenje i izračunavanje troškova i koristi za određeni projekat, odluku ili politiku. Koristi se za utvrđivanje opravdanosti odluke ili investicije, izbor optimalnog rešenja i poređenja projekata. Ova analiza se ne koristi samo za investicione projekte koji donose direktne efekte koji se mogu meriti i kvantitativno izraziti, već i za projekte koji donose i značajne indirektno i nemerljive efekte. U tehničkom smislu, CBA podrazumeva prevod svih koristi i troškova koji se odnose na projekat, u novčane vrednosti. Kao troškove treba uzeti u obzir i izgubljene koristi, a kao koristi i smanjenje troškova. Dakle, u CBA analizi bi trebalo uključiti sve pozitivne i negativne direktne efekte, kao i indirektno efekte (ekološki, socijalni, itd.). CBA daje pozitivne rezultate samo u slučajevima kada su koristi veće ili jednake od troškova. Svrha CBA analize se ogleda kroz posmatranje društvenog cilja kao vanekonomskeg karaktera u izboru investicija. Cost-benefit analiza pruža relevantne informacije o „ceni“, kao žrtvi ostvarivanja ekonomskog cilja.

4. ANALIZA UKLJUČIVANJA EKSTERNIH EFEKATA U STUDIJAMA ZA VELIKE INFRASTRUKTURNE OBJEKTE U SRBIJI I REPUBLICI SRPSKOJ

U cilju sagledavanja učešća eksternih efekata prilikom ekonomskog vrednovanja putnih projekata, u radu su analizirani podaci o studijama koje su rađene za najveće infrastrukturne objekte u Srbiji i Republici Srpskoj. Naime, za potrebe izrade ovog rada analizirane su sledeće studije:

- Studija izvodljivosti za projektovanje i izgradnju autoputa Glamočani-Mliništa (Slika 6);
- Prethodna studija opravdanosti za saobraćajnicu severna tangenta, od saobraćajnice T-6 do puta Beograd-Pančevo (Slika 7);
- Prethodna studija opravdanosti za projekat autoputa E-761 (Slika 8);
- Prethodna studija opravdanosti za unutrašnji magistralni prsten, od saobraćajnice T₆ do Pančevačkog mosta (Slika 9);
- Studija opravdanosti za Državni put I B-21, od Novi Sada do Rume (Slika 10).

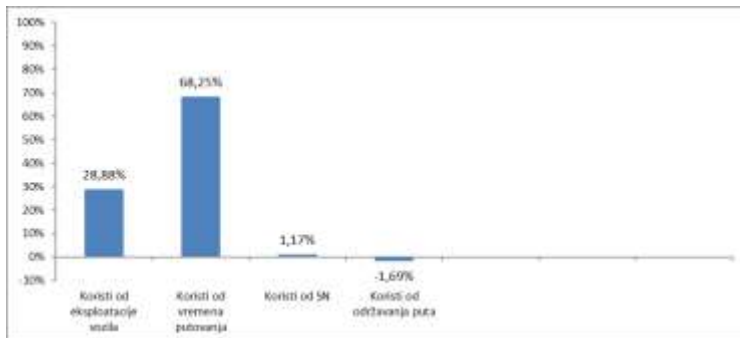
Prilikom izrade svake od studija izvršeni su proračuni i dobijene vrednosti za ekonomske koristi po osnovu:

- ušteda u vremenu putovanja;
- troškovima eksploatacije motornih vozila;
- troškovima saobraćajnih nezgoda; i
- troškovima održavanja putnog objekta.

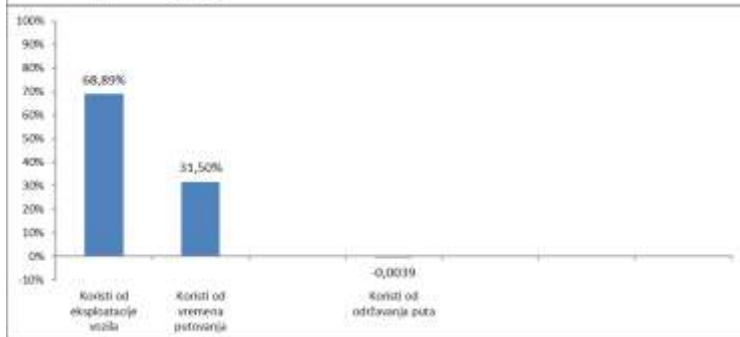
Samo su u jednoj od navedenih pet studija pored direktnih efekata razmatrani i eksterni efekti saobraćaja. U pitanju je studija opravdanosti u okviru Idejnog projekta Državnog puta I B-21, Novi Sad-Ruma. U njoj su, osim već pomenutih ekonomskih koristi, analizirani i sledeći eksterni efekti:

- buka;
- zagađenje; i
- klimatske promene.

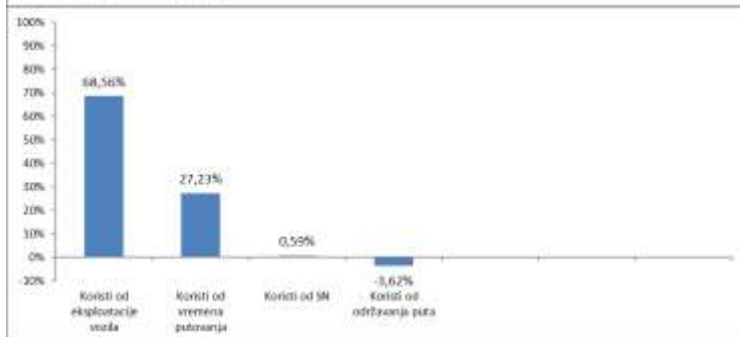
Na Slikama (6-10) prikazane su vrednosti ekonomskih koristi koji su razmatrani u okviru navedenih studija. Na prikazanim slikama može se videti da najveća korist proističe iz troškova eksploatacije motornih vozila i troškova vremena putovanja, dok koristi od troškova održavanja imaju negativnu vrednost. Na Slici 10 može se videti da je u studiji u kojoj su uključeni eksterni efekti, Studija opravdanosti za državni put I B-21 Novi Sad-Ruma, udeo eksternih efekata (buke, zagađenja i klimatskih promena) jako mali, svega oko 2% od ukupne ekonomske koristi.



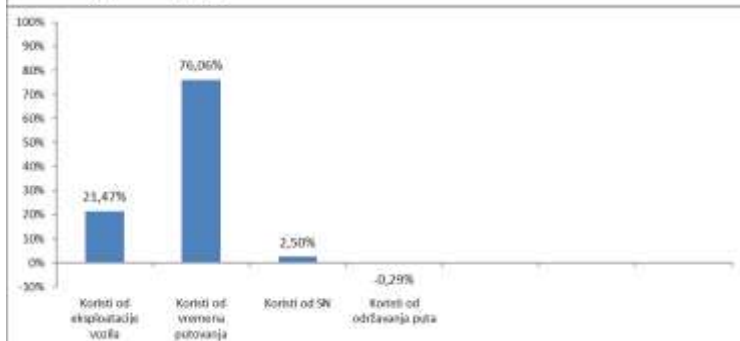
Slika 6. Studija izvodljivosti za projektovanje i izgradnju autoputa Glamočani-Mliništa



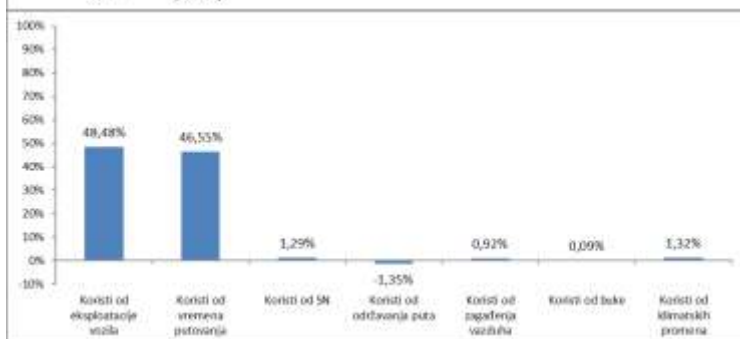
Slika 7. Prethodna studija opravdanosti za saobraćajnicu severna tangenta od saobraćajnice T-6 do puta Beograd-Pančevo



Slika 8. Prethodna studija opravdanosti za projekat autoputa E-761



Slika 9. Prethodna studija opravdanosti za saobraćajnicu - unutrašnji magistralni prsten od saobraćajnice T6 do Pančevačkog mosta



Slika 10. Studija opravdanosti za Državni put I B-21, Novi Sad-Ruma

5. ZAKLJUČAK

Rezultati inostranih istraživanja su pokazali da je značaj izučavanja eksternih efekata saobraćaja veoma bitan i da mu se sve više pridaje važnost u svetu.

U ovom radu prikazano je više autora koji se u svojim istraživačkim radovima bave razvojem modela kvantifikacije eksternih efekata u novčane jedinice, kako bi se isti mogli uključiti u Cost-Benefit analize.

U okviru rada je urađena analiza korišćenja eksternih efekata u Studijama opravdanosti u Srbiji i R. Srpskoj, kao i kvantifikacija navedenog uticaja. Podaci za pet Studija opravdanosti velikih infrastrukturnih projekata u Srbiji i Republici Srpskoj su analizirani. Utvrđeno je da se eksterni efekti u ekonomskom vrednovanju izučavaju u maloj meri, odnosno, primenjeni su u jednoj od pet analiziranih studija. U studiji u kojoj su navedeni efekti analizirani, kvantitativno oni su činili svega 2,33% od ukupnih ekonomskih koristi. Ekonomske koristi od troškova zagađenja čine 0,92%, od buke 0,09% i klimatskih promena 1,32%.

Potrebno je da naša zemlja, u budućnosti, bude okrenuta ka očuvanju životne sredine, pa samim tim i ka izučavanju eksternih efekata saobraćaja. Navedena potreba izučavanja eksternih efekata je potrebna ne samo iz suštinskih razloga, već i iz formalnih jer Studije opravdanosti moraju biti harmonizovane sa EU pravilnicima, prema kojima funkcionišu sve institucije od banaka do EU administracije.

Takođe, kao zadatak nameće se i potreba lokalnih izučavanja eksternih efekata kroz razvoj lokalno prilagođenih modela za analizu koristi od buke, aerozagađenja, klimatskih promena i ostalih negativnih uticaja saobraćaja na okolinu.

LITERATURA

- [1] Pignier, N. (2015). The impact of traffic noise on economy and environment: a short literature study. (on-line) available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:812062/FULLTEXT01.pdf> (18.05.2017)
- [2] Box, E. (2012). Speed Limits. A review of evidence. (on-line) (on-line) available at: http://www.racfoundation.org/assets/rac_foundation/content/downloadables/speed_limits-box_bayliss-aug2012.pdf (18.05.2017)
- [3] Essen, H., Doll, C. (2008). Road infrastructure cost and revenue in Europe. (on-line) (on-line) available at: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2008_road_infrastructure_costs_and_revenues.pdf (18.05.2017)
- [4] P. Newman, C. Hargroves, C. Desha, A. Kumar, L. Whistler, A. Farr, et al. (2012). "Reducing the environmental impact of road construction", Brisbane: Sustainable Built Environment National Research Cent.
- [5] Beek, V., Derriks, H., Wilbers, P., Morsink, P., Wismans, L. (2007). The Effects of Speed Measures on Air Pollution and Traffic Safety. (on-line) (on-line) available at: <http://abstracts.aetransport.org/paper/index/id/2594/confid/13> (18.05.2017)
- [6] Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti C., Sirtori, E., Vignetti, S. (2014). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. (on-line) (on-line) available at: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf (19.05.2017)
- [7] Dehnen, N., Korzhenevych, A., Bröcker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., Varma, A., Cox, V. (2014). Update of the Handbook on External Costs of Transport. (on-line) available at: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2014-handbook-external-costs-transport.pdf> (20.05.2017)
- [8] Fryd, J. (2017). Technical Report 2017-03 State of the art in managing road traffic noise: cost-benefit analysis and cost-effectiveness analysis. (on-line) available at: <http://www.cedr.eu/download/Publications/2017/CEDR-TR2017-03-Noise-CBA-CEA.pdf> (12.06.2017)
- [9] Swiss Are (2004). External Noise Costs of Road and Rail Traffic in Switzerland in 2000. Swiss Federal Office of Spatial Development. (on-line) available at: <https://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00252/00472/03389/index.html?lang=en> (12.06.2017)
- [10] Maitre, H. (2014) NOISE COSTS OF ROAD TRAFFIC. (on line) available at: <http://www.adc40.org/presentations/winter2015/Noise%20costs%20of%20road%20traffic.pdf> (12.06.2017)
- [11] Pearce, T. (2008) Future of Transport, International Road Federation.
- [12] Main Roads Western Australia (2011). Recycling – Waste not, want not – Great Eastern Highway/Roe Highway interchange. (on-line) available: www.mainroads.wa.gov.au/AboutMainRoads/AboutUs/Sustainability/Pages/CaseSustainability.aspx#geri (13.06.2017)
- [13] US EPA (2008). Air Conditioning Activity Effects in MOBILE6. (on-line) available: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P100226H.pdf> (25.05.2017)

ДОПРИНОС УДРУЖЕЊА ИНЖЕЊЕРА БЕОГРАДА ОДРЖИВОМ РАЗВОЈУ САОБРАЋАЈНЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ СРБИЈЕ И ЗАШТИТИ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Ранка Гајић¹, Весна Златановић-Томашевић², Марија Вукић³, Владета Вујанић⁴

¹Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, ranka@sf.bg.ac.rs, ²Удружење инжењера Београда, vesnazlatanovic@yahoo.com, ³Истраживачко развојни центар ALFATEC d.o.o., Ниш, marija.vukic@gmail.com, ⁴Удружење инжењера Београда, v.vujanic944@gmail.com

Резиме: Удружење Инжењера Београда (УИБ) у континуитету, већ више од четири деценије, одржава научно-стручне конференције са темама које су базирани на разматрању одрживог и ефикасног функционисања савременог града кроз аспекте екосистема, климатских промена, енегетских ресурса, инфраструктурних капацитета и регулативе.

Циљ рада је прегледни приказ најзначајнијих прилога са конференција УИБ-а, одржаних у периоду од 2000. године, који су третирали проблеме саобраћаја у градовима Србије, односно путне и железничке инфраструктуре у земљи и њихове нежељене утицаје на животну средину. Поред тога, у раду је сагледан и значај предложених решења проблема и мера заштите са становишта утицаја на окружење, утицаја на климатске промене и управљања ресурсима.

Значај рада се огледа у сумирању вишегодишњег доприноса учесника поменутих конференција одрживом развоју саобраћајне инфраструктуре и заштити животне средине на простору Републике Србије.

Кључне речи: Удружење Инжењера Београда, научно-стручне конференције 2000-2017, путна и железничка инфраструктура Србије, одрживи саобраћај у градовима, заштита животне средине

CONTRIBUTION OF ASSOCIATION OF ENGINEERS OF BELGRADE TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TRAFFIC INFRASTRUCTURE IN SERBIA AND TO ENVIRONMENTAL PROTECTION

Ranka Gajić¹, Vesna Zlatanović-Tomašević², Marija Vukić³, Vladeta Vujanović⁴

¹ University of Belgrade - Faculty of Traffic and Transport, ²The Association of Engineers of Belgrade, ³Research and development center ALFATEC d.o.o., Niš, ⁴The Association of Engineers of Belgrade

Abstract: The Association of Engineers of Belgrade (AEB), for more than four decades, has been holding scientific-expert conferences with topics based on the discussion of the sustainable and efficient functioning of the modern city through the aspects of ecosystems, climate change, energy resources, infrastructure capacities and regulations.

The aim of this paper is to provide a comprehensive overview of the most important contributions from the AEB conferences held in the period from 2000, dealing with problems of traffic in the cities of Serbia, ie road and rail infrastructure in the country and their adverse environmental impacts. In addition, the paper also examines the significance of proposed solutions to problems and measures of protection from the point of view of the environment, the impacts on climate change and resource management.

The significance of this paper is reflected in the summing up of the multi-annual contribution of the participants of these conferences to the sustainable development of the transport infrastructure and environmental protection at the territory of the Republic of Serbia.

Keywords: Association of Engineers of Belgrade, scientific-expert conferences 2000-2017, road and rail infrastructure of Serbia, sustainable transport in cities, environmental protection

1. УВОД

Период од оснивања Удружења Инжењера Београда², 1959. године па до данас, је време изузетно бурног развоја града Београда и великих превирања и промена на друштвено-политичком и економском плану у Србији. Ово је период у коме су изграђени бројни стамбени, нови привредни капацитети, градска инфраструктура, јавни и други објекти. Огроман је допринос инжењерско техничког кадра у таквом развоју. Значајно је да је Удружење све време свог постојања функционисало као заједница различитих инжењерских струка, организованих кроз секције.

¹ Аутор задужен за кореспонденцију: urb.rankagajic@gmail.com

² Веб сајт удружења: <http://www.sits.org.rs/textview.php?file=565.html> (приступ, 28. јун 2017)

Одржан је низ научно - стручних скупова (трибина, округлих столова, Конференција, Симпозијума) који су се бавили, за свој тренутак актуелним, значајним темама, да би почев од 1990. преовладавале теме из области еколошких проблема, енергетских ресурса и инфраструктурних капацитета.³ Пракса разраде еколошких проблема, сходно светском тренду, се наставила и у периоду од 2000. године до данас (2017.) уз теме базиране на разматрању одрживог и ефикасног функционисања савременог града кроз аспекте екосистема, климатских промена, енергетских ресурса, инфраструктурних капацитета и регулативе.⁴

На свакој Конференцији, у складу са обрађиваном тематиком, присутни су радови који разматрају проблеме саобраћаја у Београду и осталим градовима Србије, односно путне и железничке инфраструктуре у земљи и њихове нежељене утицаје на животну средину. Ови стручни доприноси (са Конференција периода 2000-2017) су предмет даље разраде и то на начин да ће најзначајнији бити посебно обрађени кроз преглед њиховог доприноса, а у даљем раду ће бити сагледан укупан значај предложених решења проблема и мера заштите из области саобраћаја, путне и железничке инфраструктуре, са становишта 1)утицаја на окружење, 2)утицаја на климатске промене и 3)управљања ресурсима.

2. ПРИКАЗ НАЈЗНАЧАЈНИЈИХ ПРИЛОГА СА КОНФЕРЕНЦИЈА УИБ-А КОЈИ СУ ТРЕТИРАЛИ ПРОБЛЕМЕ САОБРАЋАЈА У ГРАДОВИМА СРБИЈЕ

Преглед најзначајнијих прилога је спроведен према областима (путна мрежа или железничка инфраструктура) уз раздвајање радова који се баве Београдом од осталих градова у Србији, док је хронологија (година објављивања рада), поштована у највећој могућој мери, али тако да се тематске области обраде у целини и у односу на хијерархију просторног обухвата проблема.

2.1. ОБЛАСТ: путна мрежа – Београд

(2002.) - наглашен проблем моноцентричног Београда уз навођење проблема застоја у реализацији обилазница

/Аутор потенцира проблем несачуваних коридора потребних за развој постојећих и нових саобраћајних система у Београду (веза Прокоп – простор око Франше Д'Епереа; планирани коридор Спољне магистралне тангенте у зони Вишњичке Бање; коридор за везу Бубањ потока и Винче ради остваривања обилазнице према Панчеву) уз закључак да ће „*одсуство озбиљне и дугорочне земљишне политике и уско схваћени интереси општина веома отежати развој саобраћајних система у Београду у временима која долазе*“. (2)

(2015.) - подвучен проблемски аспект сегрегације урбаног ткива Београда аутопутем и угрожавања буком, уз предлоге за побољшање стања сагледане по специфичним морфолошким деоницама аутопута кроз Београд (Нови Београд, Мостарска петља – Аутокоманда, Коњарник – Врчин)

/Закључак да је за стање животне средине у Београду од великог значаја и да стручна јавност укаже на могућа иновативна решења у зони градског аутопута, уз очекивање да градска управа поведе рачуна и о овом сегменту (да се оформе фондови и/или аплицира за средства из развојних фондова са одговарајућим пројектима заштите животне средине /и морфолошке слике/ у зони аутопута у Београду). (6)

³ Теме Конференција за период 1979-2000 год: „Перспектива и могућности коришћења пловидбеног система Рајна – Мајна – Дунав“ (1979); „Геолошка истраживања у привредном и просторном развоју Београда“ (1984); „Снабдевање Београда водом“ (1984 и 1985); „ГУП Београда“ (1986); „Подземна изградња Београда“ (1987); „Примена нових мерних јединица и метода мерења“ (1988); „Савремена механизација и опрема код комуналне инфраструктуре и подземне изградње“ (1989); „Југословенски симпозијум за механику стена и подземне радове“ (1989); „Еколошки проблеми Београда“ (1990); „Утицај термоенергетских објеката у зони Београда на квалитет ваздуха“ (1991); „Третман градског отпада у Београду“ (1991); „Градска комунална инфраструктура“ (1992); „Енергетика Београда“ (1993); „Зеленило у урбаном развоју града Београда“ (1994); „Интензивирање развоја бродоградње у СР Југославији“ (1995); „Третман градског отпада“ (1996); „Подземни простор у развоју Београда“ (1997)

⁴ Теме Конференција за период 2000-2017 год: „Инжењерски ризик и хазард у урбаном систему Београда“ (2002); „Инжењерске активности и обавезе у заштити животне средине“ (2005); „Саобраћај и животна средина у урбаним системима (2009); „Заштита животне средине и енергетска ефикасност“ (2012); „Заштита животне средине у планској и пројектној документацији“ (2013); „Заштита природних ресурса кроз заштиту животне средине“ (2014); „Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима“ (2015); „Закони и прописи у свету и код нас у области планирања, уређења, изградње и заштите простора“ (2016); „Саобраћајни инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине“ (2017)

(2013, 2017.) - резултати вредновања и коментари на варијанте решења аутопута Е-763 "Београд - Јужни Јадран" (варијанте: левом и десном обалом Саве); уз аргументовано залагање за варијанту десном обалом Саве

/Резултати вредновања у раду из 2013. године: траса десном обалом Саве има вишеструке предности у односу на трасу левом обалом.

Извод из рада: „Изградњом аутопута дуж десне обале Саве, деценијама девастиран терен, насеље и инфраструктура у зони клизишта Умка – Дубоко, би се санирао и довео у еколошки исправно стање. То би омогућило решавање услова урбанизације простора, даљи развој инфраструктурног коридора, санацију магистралног пута М-19, проширење пловног пута, потом омогућила изградња гасовода, телекомуникација, електроводова и др. Израдом камене грађевине би се уклонио главни узрок обнављања процеса клижења – ерозија десне обале и зауставио процес у иницијалном приобалном појасу. Изградњом система дубоких дренажа и каналске мреже, планирањем и пошумљавањем терена уз будуће планско регулисање испуштања отпадних вода, зауставила би се дубока иницијална померања клизишта, а потом и плитка померања на ширем угроженом простору.

Са друге стране, изградњом аутопута дуж леве обале Саве дошло би до девастирања еколошки исправног терена, трајно би се уништило обрадиво земљиште, угрозио деценијама грађен мелиорациони систем „Галовица“ у Бољевачком пољу. Без обзира на предвиђене мере заштите – и даље би постојала опасност загађења изворишта пијаће воде и будућег водопријевног објекта „Зидине“.

Вредновани индиректних ефекти су, дакле, вишеструко на страни изградње саобраћајнице десном обалом Саве. Остала вредновања, укључујући динамику и коначне трошкове изградње, се релативно разликују у нијансама.“ (12)

/Рад из 2017. године који се бави овом проблематиком покреће и питање заштите водоизворишта, посебно у вези са делом аутопута на левој обали Саве

Извод из рада: „Неопходно је преиспитивање процедуре усвајања Елабората о зонама санитарне заштите изворишта подземних и површинских вода водоснабдевања града Београда, (усвојеног 01.08.2014.године) и Студије вишекритеријумског вредновања, узимајући у обзир условну сагласност ЈКП Водовода и канализације Београд, и примедбе Секретаријата за заштиту животне средине града Београда, првенствено из разлога што је променом до тада постојећих зона санитарне заштите на тим просторима (у Сурчинском пољу деонице аутопута Обреновац-Сурчин, на левој обали Саве) одговарајућим планским документима планирана и спроводи изградња аутопута.“ (10)

(2017) - приказани примери Новог авалског пута и саобраћајног решења у просторно-културно-историјској целини Топчидер, у контексту разматрања утицаја социјалнополитичких и економских чинилаца на планирање

/Указује се на последице доношења погрешних одлука у контексту утицаја наведених чинилаца на планирање, уз приказ варијантних /иницијално скупљих/ решења која међутим, у анализама последица ширег обухвата - доказано имају квалитет очувања природних ресурса и културног наслеђа (за разлику од реализованих решења, доказано усвојених под утицајем социјалнополитичких и економских чинилаца). (22)

2.2. ОБЛАСТ: шински подсистеми – Београду

(2002) - допринос разматрању тенденције развоја шинских подсистема у Београду

/Разрада проблематике да ли Београду треба висококапацитетни затворени – независни шински систем типа метро, или отворени висококапацитетни шински систем типа лаки метро – преметро, уз закључне стручне и економске аргументе који фаворизују наставак изградње метроа у Београду. (9)

(2014, 2015) - разматрано позиционирање и разрада саобраћајних терминала у Београду (Прокоп и станица Нови Београд), у вези са железничким саобраћајем, а у погледу развоја и оживљавања речних фронтва Београда и наглашен значај очувања постојећег колосека пруге дуж обала река у Београду уз предочене потенцијале мањих стајалишта

/Са закључком да је добра организација саобраћаја један од кључних фактора очувања екосистема, посебно у градовима. Став ауторке је да би стратешки и дугорочни планови требало да дефинишу саобраћајне терминале везане за водне путеве – Савско пристаниште и Лука Београд (на Дунаву). Као једна од најатрактивнијих, постојећа шинска траса дуж обала Саве и Дунава, предвиђена је да буде део градске железнице. На овом потезу планиран је низ стајалишта у ексклузивној зони између

ушћа река и градске тврђаве. *“Постојањет оваквог система стајалишта приобални појас би добио суштаствени урбани ентитет, како у функционалном, тако и у појавном смислу.”*(19) (20)

2.3. ОБЛАСТ: јавни путеви и железничка инфраструктура – Србија

(2017) - резултати анализе утицаја аутопута на животну средину при планирању, изградњи и експлоатацији (који се манифестују кроз привремене утицаје на земљиште, воде, ваздух и друге елементе животне средине у току изградње, као и трајне утицаје на земљиште, воде, ваздух, флору и фауну итд. у току експлоатације пута)

/У датом примеру истраживања деонице аутопута Е-75 од Грабовнице до границе са Македонијом, идентификовани су главни извори загађења вода у току експлоатације и дате основне мере заштите вода и смернице за заштиту на нижим нивоима планирања и пројектовања. Закључено је да постизање циљева заштите животне средине на аутопуту у великој мери зависи од укључивања питања заштите у раним фазама планирања и пројектовања. Као методе за процену утицаја и дефинисање мера, аутори упућују на Стратешку процену утицаја на животну средину, за планове и Студију утицаја на животну средину, за пројекте. (21)

(2016) - критички осврт на кључне проблеме у пројектовању стратешких линијских инфраструктурних објеката (јавни путеви и јавна железничка инфраструктура), који у знатној мери утичу на слабији квалитет решења

/Предлог мера за подизање нивоа квалитета техничке документације у области путоградње (из закључка):

„- *Редефинисати Закон о планирању и изградњу у области линијских инфраструктурних објеката и одредбе ускладити са методологијом пројектовања и инжењерском праксом.*

- *Посебну пажњу обратити на узајамну повезаност планске и техничке документације, односно на хијерархијску и временску координацију.*

- *За дефинисање одредница Закона ангажовати стручни тим искусних пројектаната различитих профила који су у својој пракси препознали "узроке појаве проблема" у изради техничке документације.*

- *Обавезати надлежне институције на одговорнији и рационалнији приступ у погледу издавања услова за израду документације.*

- *Већа ангажованост Инвеститора у планирању и рационалнијем сагледавању обима послова на изради документације (цена, рок, садржај, услови) и у координацији различитих пројектантских фирми у погледу усклађивања техничких решења*

- *Ажурирати постојеће Генералштабне карте које садрже врло оскудне и непоуздане податке, или израдити нове на територији целе Републике Србије које ће представљати поуздану основу за израду Генералних пројеката ванградских путева.“* (18)

(2015) - допринос проблематици процене и вредновања нежељених утицаја железничке инфраструктуре на животну средину (уз ослонац на признате методологије и савремене софтверске пакете; приказ истраживања у оквиру процене утицаја на животну средину планираног пројекта „Модернизација железничке пруге Стара Пазова-Нови Сад“

/Прилог се састоји од три рада са приказом резултата процене следећих утицаја на предметној деоници: 1) хемијског удеса при транспорту девет најчешће превожених опасних материја; 2) угроженост насеља, културних и природних добара вибрацијама и 3) угроженост насеља буком.

- *“Приказани резултати предвиђања обима и последица хемијских акцидената на предметној деоници пруге, указују на оправданост реализације пројекта модернизације постојећег колосека и изградње другог колосека пруге обзиром да ће се достићи стандарди којима се подиже ниво безбедности железничког транспорта људи и роба и ниво приправности за реаговање у случају хемијског удеса“.* (4)

- *“Утврђена су прекорачења дозвољених нивоа вибрација на подручју насеља дуж пруге, као и потенцијална угроженост природних вредности и три знаменита споменика културе. Предвиђене су мере заштите за свођење нивоа вибрација на законом дозвољене вредности.“* (5)

- *“Утврђена су прекорачења дозвољених нивоа вибрација на подручју насеља дуж постојеће пруге и предвиђене прелиминарне техничке мере заштите помоћу заштитних конструкција на критичним стационажама. Резултати прелиминарних акустичких прорачуна могу да послуже као основа за детаљан акустички прорачун у оквиру Главног пројекта мера заштите од буке и одређивања оптималних димензија заштитних конструкција.“* (3)

3. ДОПРИНОС СА СТАНОВИШТА РАЗМАТРАЊА УТИЦАЈА НА ОКРУЖЕЊЕ

Указује се на то да су преговори о приступању Србије Европској унији који обухватају 35 тематских поглавља, у току, а да ће поглавље Животна средина бити највећи изазов, као што је било и свим државама у процесу приступања ЕУ. Процене су да ће Србији до 2030. године бити потребно око 10,6 милијарди евра да би достигла стандарде ЕУ у области животне средине. Пошто локална самоуправа има велике обавезе и одговорности у испуњењу захтева ЕУ у области животне средине, основно што би требало да се уради у Србији је јачање кадровског капацитета локалних самоуправа кроз добро осмишљену обуку. (17)

У односу на проблематику утицаја на окружење – издвајају се радови који обрађују област проучавања извора буке и режима буке, са аспекта планско-архитектонских решења, изградње и организације транспортних шема. Наглашава се да је неопходно разрадити методологију за проучавање фактора буке у условима насељених места и норме за урбанистичко планирање, пројектовање и санацију. (11)

Издавају се и доприноси у вези са проблематиком управљања саобраћајем у историјским урбаним срединама, тако да се максимизира његов позитиван утицај, а негативан елиминише односно сведе на минимум. Указује се да је савремени приступ у развијенијим земљама базиран на принципима одрживог развоја, одрживог транспорта и настојања да се уместо прилагођавања регулације саобраћајним условима улажу напори да се саобраћајни услови прилагоде постојећој регулацији. Уз унапређење јавног превоза, подстиче се пешачки и бициклички саобраћај, фомирају пешачке улице и зоне, (као и улице у којима сем пешака једино може саобраћати јавни превоз), уводе мреже бицикличких стаза и примењују разне техничке мере којима се успорава саобраћај. (7)

4. ДОПРИНОС СА СТАНОВИШТА РАЗМАТРАЊА УТИЦАЈА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ

Указује се на потребу реорганизације јавног градског саобраћаја, уз тезу да јавни превоз свакако има велики утицај на животну средину и то не само кроз техничке карактеристике већ и кроз организацију и модел функционисања система (смањити број возила јавног превоза који су непосредни загађивачи и емитери буке, а при томе не угрозити капацитете јавног превоза, пре свега у вршним периодима). Наводи се да је конкретно за Београд, тенденција повећање удела јавног превоза у укупном превозу путника, са циљем смањења времена путовања, повећања енергетске ефикасности и уштеде материјалних добара као финалног продукта. Као значајан податак наводи се да умањење броја аутобуса за један на сат, на испитиваној деоници (од 3,3 км), укупно чини око 9000 литара мање потрошеног горива на годишњем нивоу. (8)

У вези са проблематиком утицаја на климатске промене наглашава се потреба примене алтернативних горива која могу да се употребљавају без већих модификација на моторима (као што су биогорива и природни гас) с обзиром на њихову предност у смањењу емисије токсичних компонената издувних гасова. Указује се на обавезу државе да пропише едукацију становништва са аспекта здравља и коришења алтернативних видова превоза, али и да што више допринесе изградњи одговарајуће инфраструктуре за њихово спровођење. Као подршка, телевизија и остала средства јавног информисања, требало би да буду у обавези да емитују, односно штампају емисије и текстове о загађивачима, новим врстама горива, алтернативном транспорту и одрживом развоју. (13)

5. ДОПРИНОС СА СТАНОВИШТА РАЗМАТРАЊА УПРАВЉАЊА РЕСУРСИМА

У целини мање заступљени теоријски доприноси, најчешћи су у оквиру разматрања управљања ресурсима. Тако постоји група радова који се баве теоријом одрживог транспорта, уз сугерисање концептуалног модела основних предуслова за његово достизање: образовање за одрживи развој /одрживи транспорт, рестриктивни прилаз одређеним (централним) деловима града моторним возилима, стимулисање коришења возила јавног градског превоза, фаворизација употребе возила са већим степеном еколошких перформанси, реорганизација градског теретног саобраћаја са иницијативом за његово апсолутно измештање из ужег градског језгра, увођење концепта комбиноване мобилности, увођење телематских система, подизање нивоа контроле и праћења превоза опасних материја и изналагање решења да се овај транспорт измести са градских улица. (1) Наводи се да политички и економски чиниоци у највећој мери доводе до ризика доношења погрешних одлука у планирању, које дугорочно гледано могу да имају трајне последице по одрживи развој

заједнице као и саму одрживост простора. План путне мреже у том смислу, треба да сведе на најмању могућу меру нарушавање затечених вредности и добара, изградњом путева. (22)

У области ресурса, интересантан је допринос кроз разраду теме инфраструктурних коридора, попут "кичме издужене урбане формације, која се лако може продужити без латералног ширења", уз закључак да савремени европски саобраћајни коридори, као што су Коридор VII (Дунав) и Коридор X који пролази кроз Србију, обезбеђују инфраструктуру, урбанизацију и економски развој и да због тога међународно искуство у развоју еврокоридора представља корисну смерницу за просторно и урбанистичко планирање у Србији. (25) У вези са стручним надзором над извођењем грађевинских радова према домаћим и међународним условима, на основу искуства из праксе сугерише се да је од интереса за домаћу извођачку праксу да се српски Закон о грађењу и Правилник о надзору ускладе са међународним FIDIC условима, (Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils /Међународно удружење саветодавних инжењера), који шире и свеобухватније уређују надзор. Тада би се у Србији, при грађењу уз иностране кредите, уместо двојаког надзора – по Правилнику и по FIDIC условима, вршио једнообразан надзор. (24)

Проблематика управљања ресурсима у радовима предметних Конференција УИБа може да се сагледа и кроз допринос и разраду теме деловања Института за путеве из Београда у формирању базе података клизишта у Србији, у жељи да се успостави модеран, савремен приступ регистрације и праћења активности клизишта: 1) о потреби усаглашавања постојеће терминологије и номенклатуре о клизиштима са документима која важе у свету уз осавремењавања геотехничке теорије и праксе на овим просторима и 2) о стварању предуслова за континуирану обраду клизишта на нивоу појединачних појава и целокупне путне мреже у Србији и наравно даље имплементације резултата. (14) Уз коментар да саобраћајни и инфраструктурни системи представљају „крвоток“ у функционисању земље, закључује се да у Србији превентивна заштита од штетног утицаја јаким земљотреса треба да буде у много већој мери присутна, него до сада, и у области планирања простора. (15)

Заступљена је и проблематика саобраћајног образовања и васпитања у циљу стварања безбедног окружења за све учеснике у саобраћају. Указује се да је у процес едукације потребно укључити све субјекте друштва и институције које се баве безбедношћу саобраћаја. (16)

6. ЗАКЉУЧАК

У закључцима конференције „Саобраћај и животна средина у урбаним системима“ којом је 2009. године обележено 50 година од оснивања Удружења Инжењера Београда, наводи се да „*на нашим путевима и у градовима још увек нема заштитних баријера од саобраћајне буке, боље звучне изолације у становима, канцеларијама, болницама, школама, нема чистијег ваздуха на улицама, зелених баријера - дрвореда и заштитних шумских појасева, нема проветравања тунела и уских „уличних кањона“, ретки су аутомобили на савремена еколошка горива ... кратко речено, нема много других инжењерских решења која значе боље здравље грађана и будућих генерација.*“ (23)

Иако се на конференцијама УИБа често могу чути аргументоване критике на рачун (не)усаглашености релевантних Закона, слома управљања, стратешког истраживања и проблематичне улоге планирања простора у Србији, у целини и из домена саобраћајне инфраструктуре, на основу прегледа радова може се закључити да наши стручњаци прате савремена сазнања светске научне заједнице и праксе у вези са критеријумима, вредновањима и избором између различитих приступа и решења из области саобраћајне и транспортне инфраструктуре. Презентовани доприноси утемељени су у савремене методе и сазнања, и остају као важан показатељ да наши инжењери и даље држе корак са светом.

Радови који разматрају теоријске концепте су присутни у мањој мери, будући да су, поред органа локалне самоуправе, циљне групе ових конференција и пројектна предузећа, надлежне институције, самостални предузетници, као и инжењери разних дисциплина, окренути пракси, па тако доминирају радови о резултатима и проблемима са којима се стручњаци срећу у раду током планирања, пројектовања и извођења путне мреже и железничке инфраструктуре у Београду и Србији, па се може закључити да је значајан допринос Удружења инжењера Београда одрживом развоју саобраћајне инфраструктуре у Србији и заштити животне средине. кроз креирање мултидисциплинарне арене за размену искустава инжењера Београда и Србије.

Литература

- [1] Арсић, М., Кокановић, М., Томић, Р., Влацић, Д. (2017). Дефинисање основних предуслова за одрживи транспорт. IX Научно-стручна конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 64-74.
- [2] Бојовић, Б. (2002). Планирање и изградња у условима хазарда. I стручно саветовање: Инжењерски ризик и хазард у урбаном систему Београда. 13-15.
- [3] Вукић, М., Dimitriadou, I., Трифуновић, А., Стајић, З. (2015). Угроженост насеља буком на простору будуће модернизоване деонице пруге Стара Пазова-Нови Сад и мере заштите. VII научно-стручна конференција: Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима. 184-198.
- [4] Вукић, М., Mc Nelis, J., Недељковић, М., Урошевић, С., Станковић, А., Ђелић, М. (2015). Процена ризика у случају хемијског акцидента на прузи и мере заштите. VII научно-стручна конференција: Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима. 137-151
- [5] Вукић, М., Stanescu, D., Милић, Д., Стевановић, И., Мијужић, Б. (2015). Угроженост насеља, културних и природних добара вибрацијама на простору будуће модернизоване деонице пруге Стара Пазова-Нови Сад и мере заштите. VII научно-стручна конференција: Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима. 173-183.
- [6] Гајић, Р., Игњатовић, А. (2015). Предлози за унапређење стања животне средине у зони (бео)градског ауто-пута. VII научно-стручна конференција: Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима. 113-126.
- [7] Димитријевић-Марковић, С. (2017). Управљање саобраћајем у историјским урбаним срединама /проблеми и препоруке. IX Научно-стручна Конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 44-53.
- [8] Живановић, М., Граовац, С., Јовановић, Т. (2014). Штетан утицај саобраћаја на животну средину у урбаном подручју, пример град Београд. VI научно-стручна конференција: Заштита природних ресурса кроз заштиту животне средине у урбаним системима. 253-263
- [9] Златановић-Томашевић, В. (2002). Смањење ризика од саобраћаја у граду /метро у Београду да или не питање је сад“ I стручно саветовање: Инжењерски ризик и хазард у урбаном систему Београда. 175-181.
- [10] Златановић-Томашевић, В. (2017). Саобраћај и заштита вода-природних ресурса Београда. IX Научно-стручна Конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 78-91.
- [11] Златановић-Томашевић, В., Томашевић, Р. (2013). Законодавни оквир Европске Уније у заштити животне средине од буке. V научно-стручна конференција: Животна средина у планској и техничкој документацији. 52-61.
- [12] Јелисавац, Б., Вујанић, В., Митровић, П. (2013). Гео-еколошки аспекти провођења аутопута Е-763 Београд - Јужни Јадран левом или десном обалом Саве. V научно-стручна конференција: Животна средина у планској и техничкој документацији. 99-108.
- [13] Кордић, Б., Росић, М., Арсић, Т., Милановић, Д. (2016). Нова горива за погон моторних возила и знање и ставови становништва према њиховој примени. VIII научно-стручна конференција са међународним учешћем: Закони и прописи у свету и код нас у области планирања, уређења, изградње и заштите простора. 220-229.
- [14] Миленковић, С., Јелисавац, Б., Јотић, М., Вујанић, В. (2013). База података клизишта у процесу одржавања путне мреже Србије. V научно-стручна конференција: Животна средина у планској и техничкој документацији. 90-97.
- [15] Недељковић, С., Вујанић, В., Јотић, М. (2017). Сеизмолошка карта и њен значај за саобраћајне и инфраструктурне системе и еколошку заштиту животне средине. IX Научно-стручна Конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 122-135.
- [16] Панић, Д., Баста, Н., Тодоровић, Д. (2016). Утицај саобраћајног образовања на функционално знање кандидата за возача. VIII научно-стручна конференција са међународним учешћем: Закони и прописи у свету и код нас у области планирања, уређења, изградње и заштите простора. 230-244.

- [17] Пендић, З., Лачњевац, Ч., Јовановић, Љ., Макуц, З., Рељић-Ђурић, В., Урошевић, С. (2015). Приступни преговори са ЕУ и потреба стварања еколошких коалиција на нивоу локалних самоуправа. VII научно-стручна конференција: Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима. 60-70.
- [18] Стевановић, Н. (2016). Недостатак и неусклађеност регулативе са инжењерском логиком, праксом и методологијом пројектовања стратешких линијских инфраструктурних објеката. VIII научно-стручна конференција са међународним учешћем: Закони и прописи у свету и код нас у области планирања, уређења, изградње и заштите простора. 126-140.
- [19] Стевановић, Н.К. (2014). Дистрибутивне зоне града у функцији очувања екосистема. VI научно-стручна конференција: Заштита природних ресурса кроз заштиту животне средине у урбаним системима. 89-97.
- [20] Стевановић, Н.К. (2015). Шински систем дуж речних обала Београда - потенцијал будућих стајалишта. VII научно-стручна конференција: Глобализација, климатске промене и еколошки аспекти заштите простора у урбаним системима. 128-136.
- [21] Стојановић, Б., Димкић, Д., Миловановић, М. (2017) Утицај аутопута на водне ресурсе у подручју деонице Грабовница - граница Републике Македоније. IX Научно-стручна Конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 92-101.
- [22] Тубић, Љ. (2017). Социополитички и економски чиниоци планирања, ризици погрешних одлука на одрживи развој на примерима Новог авалског пута и саобраћајног решења у ПКИЦ Топчидер. IX Научно-стручна Конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 54-62.
- [23] Удружење Инжењера Београда, уредници: Златановић-Томашевић, В., Стевановић, Н. (2009). научно-стручна Конференција: Саобраћај и животна средина у урбаним системима, Београд
- [24] Фурунџић, С.Б. (2016). Двојак надзор над изградњом у Србији. VIII научно-стручна конференција са међународним учешћем: Закони и прописи у свету и код нас у области планирања, уређења, изградње и заштите простора. 96-108.
- [25] Фурунџић, С.Б., Фурунџић, С.Д. (2017). Урбана форма саобраћајног коридора. IX Научно-стручна Конференција са међународним учешћем: Саобраћајни и инфраструктурни системи, природни ресурси и еколошки аспекти заштите животне средине. 30-43.

VIŠEGODIŠNJE ISKUSTVO RAZMATRANJA U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE NA ODRŽAVANJU PUTEVA I I REDA PEŠTERSKE VISORAVNI

Izet Ljajić¹

¹Inženjerska Akademija Srbije, izet.ljajic@np-put.rs

Sead Mujović

„Novi Pazar – put“, sead.mujovic@np-put.rs

Ertan Ljajić

„Novi Pazar – put“, ertan.ljajic@np-put.rs

Senad Ibragić

„Novi Pazar – put“, senad.ibragic@np-put.rs

Rezime: Referat ima za cilj da naše višegodišnje iskustvo na održavanju puteva koje je praćeno potrebnim parametrima i primenom savremenih tehničkih sredstava koja su dala dobre rezultate pokažemo šta smo i kako ostvarili. Cilj ove teme je i da prikažemo prostor sa svojim izuzetnim specifičnostima koje su poznate široj javnosti po kvalitetnim i zdravim proizvodima. Surovi klimatski uslovi sa ekstremno niskim temperaturama i nepovoljnim uslovima za život. Životna sredina je zaštićena, jer ne postoji infrastruktura koja bi je ugrozila. Potrebno je da se putna mreža izgradi i rekonstruiše, a time stvore normalni uslovi za efikasnu i brzu komunikaciju koji utiču na privlačenje investitora za ulaganje u privredni razvoj.

Ključne reči: Održavanje puteva, zaštita životne sredine, Pešterska visoravan

PERENNIAL EXPERIENCE OF CONSIDERATION IN ENVIRONMENTAL PROTECTION TO MAINTENANCE OF ROADS I AND II IMPORTANTS ON THE PESTER PLATEAU

Abstract: This paper aims to showcase our long-term road maintenance experience, accompanied by tracking the necessary parameters and using modern technical assets that have yielded good results. Also, the aim of this paper was to show this area with its exceptional specifics that are known to the general public by the quality and healthy products. Raw climatic conditions with extremely low temperatures and unfavorable living conditions. The environment is protected because there is no infrastructure that would endanger it. It is necessary to build and reconstruct the road network, thus creating the conditions for efficient and fast communication, and make this area attractive for investors to invest in economic development.

Keywords: Road maintenance, environmental protection, Pester plateau

1. UVOD – PEŠTERSKA VISORAVAN

Pešterska visoravan se nalazi u jugozapadnom delu Srbije, na prosečnoj nadmorskoj visini od 1.100 metara. Zahvata veliku površinu, oko 1.000 km². Oko nje se uzdižu 4 planine: Jadovnik (1.732m) na zapadu, Giljeva (1.444 m), Ozren (1.430m) na jugu i Golija (1.834m) na severozapadu. Drenažnu mrežu Pešterke visoravni čine reke Uvac, Vapa, Jablanica i Grabovica koje čine sliv Lima, i Vidrenjak koji se uliva u Ibar. Ove reke sa svojim pritokama predstavljaju glavnim izvor vodosnabdevanja ovog prostora (Sjениčko jezero). Na užem prostoru Pešteri ponire više potoka koji u prolećnom periodu formiraju manja, privremena jezera.

¹ Autor zadužen za korespondenciju: izet.ljajic@np-put.rs



Slika 1. Peštersko polje

Predstavlja veoma interesantno područje za klimatološka istraživanja i jedna je od 4 oblasti u našoj zemlji u kojima se apsolutne minimalne temperature spuštaju ispod -30 stepeni Celzijusa. Na prostoru Karajukića Bunara zabeležena je temperatura -40 stepeni.



Slika 2. Beloglavi sup

na površinu. U Pešterskom polju Boroštica meandriira, glavni ponor je kod Suka u srednjem delu Pešterskog polja.

1.2. Hidrološke karakteristike

Reka ponornica Boroštica obrazuje mineralno-barska zemljišta gde se javlja treset. Boroštica nastaje od đerekarskog vrela u južnom delu Pešterskog polja. Đerekarska reka teče klisurkastom dolinom, a kod sela Boroštica ulazi u Peštersko polje. Boroštica ponire ispod huma Gorica i posle podzemnog oticanja ponovo izbija



Slika 3. Kanjon Uvca

1.3. Pećinski sistem



Slika 4. Pećina

Kao najznačajniji geobjekti na širem prostoru Pešterske visoravni izdvajaju se pećinski sistemi. Tu se nalaze dva najveća pećinska sistema u Srbiji: Vražji Visovi i Ušački pećinski sistem. Pećinski sistemi predstavljaju ogromno, nedovoljno istraženo „blago“ koje su više poznati speleolozima i geolozima.

Pešterska visoravan je po pećinama dobila ime. Pešter u izvornom značenju znači „pećina“. Pećine na Pešteri su neobično duge i neispitane. Obiluju stalaktitima i stalagmitima i drugim oblicima ukrasa taloženi vekovima u pećinskim galerijama i hodnicima. Po značaju prethodnih

vrednosti Pešterska visoravan prevazilazi nacionalne okvire. Ovo područje je proglašeno za „područje od međunarodnog značaja za očuvanje biljnog sveta i ptica“.

2. PUTNA MREŽA

Putna mreža Pešterske visoravni prostire se na teritoriji opština Sjenice, Tutina i dela grada Novog Pazara.

Stepen izgrađenosti putne mreže Pešterske visoravni i njena struktura su i danas dosta nepovoljni, što je prikazano na karti br 1 i u tabelarnom pregledu br 1. Za period od proteklih 30 godina iz tabelarnog pregleda vidi se koliko je popravljeno stanje putne mreže.

Tabela 1. Pregled putne mreže pešterske visoravni sa strukturom kolovoza

Red broj	BROJ PUTA	Ukupna dužina km	ASFALT (km)						Tucanik km	% 10/3
			Asfalt ukupno km	% 4/3	Izvedeno po projektu km	% 6/4	Izvedeno po postojećem stanju km	% 8/4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	PUT BROJ IB - 29	73,600	73,600	100	20,000	27	53,600	73		
2	PUT BROJ IB - 21	22,951	22,951	100	22,951	100				
3	PUT BROJ IB - 22	41,987	41,987	100	25,000	60	16,987	40		
4	PUT BROJ IIA - 203	37,116	37,116	100	6,000	16	31,116	84		
5	PUT BROJ IIA - 202	58,175	48,725	84	27,000	55	22,000	45	9,175	16
6	PUT BROJ IIA - 197	39,997	17,700	44	15,000	85	2,700	15	22,297	56
7	PUT BROJ IIA - 204	31,521	24,500	78	15,500	63	9,000	37	7,021	22
8	PUT BROJ IIA - 201	40,726	21,000	52	13,000	62	8,000	38	19,726	48
9	PUT BROJ IIA - 205	9,246	0,300	3	0,300	100			8,946	97
Ukupno:		355,319	287,879	81	144,751	50	143,403	50	67,165	19
31.12.1987god.										
1	PUT BROJ IB - 29	73,600	73,600	100	6,000	8	67,600	92		
2	PUT BROJ IB - 21	22,951	22,951	100	22,951	100				
3	PUT BROJ IB - 22	41,987	41,987	100	41,987	100				
4	PUT BROJ IIA - 203	37,116	37,116	100	8,000	22	29,116	78		
5	PUT BROJ IIA - 202	58,175	22,000	38			22,000	100	36,175	62
6	PUT BROJ IIA - 197	39,997	4,000	10			4,000	100	35,997	90
7	PUT BROJ IIA - 204	31,521	6,000	19	6,000	100			25,521	81
8	PUT BROJ IIA - 201	40,726	2,700	7			2,700	100	38,026	93
9	PUT BROJ IIA - 205	9,246							9,246	100
Ukupno:		355,319	210,354	59	84,938	40	125,416	60	144,965	41

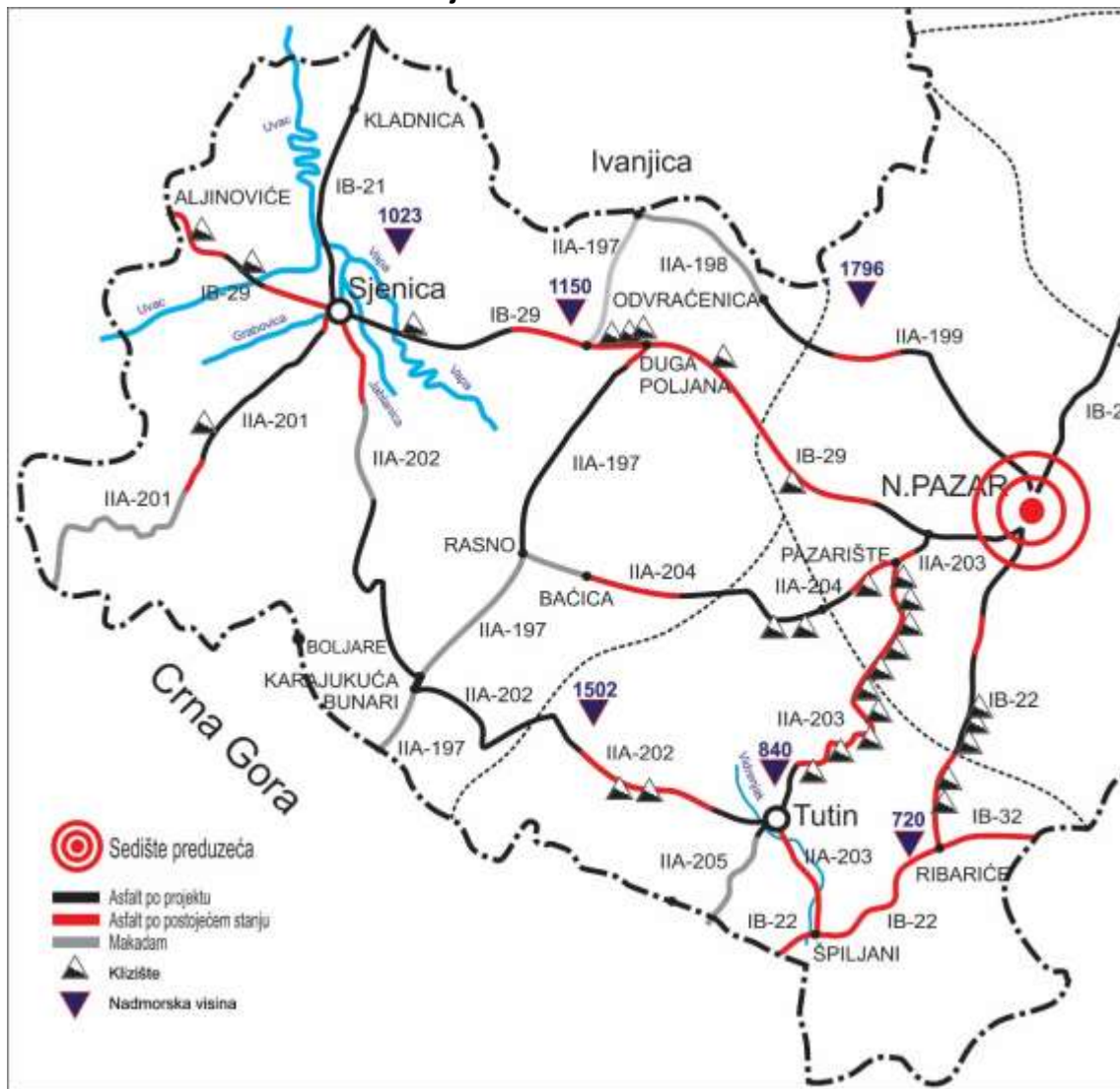
Znači u ovom periodu radilo se na gradnji i rekonstrukciji putnih pravaca koji su uticali da se počne sa gradnjom i otvaranjem tekstilnih, industrijskih i poljoprivrednih objekata koji su počeli sa radom. Veći deo tih fabrika i poljoprivrednih farmi su radile kratko vreme, jer se nije nastavilo sa izgradnjom putnih pravaca koja je bila neophodna za njihovo funkcionisanje i došlo je do njihovog zatvaranja, a što je za posledicu imalo raseljavanje stanovništva. Danas je stočni fond manji nego pre 30 godina, a što je imalo za posledicu i smanjenje poljoprivrede.

O potrebi i značaju kvaliteta putne mreže suviše je komentarisati za jedan ovakav izuzetno važan prostor. Svaki od 9 putnih pravaca sa ovog prostora su priča za sebe i oni imaju svoju određenu ulogu i značaj za razvoj ovog prostora.

Kičmeni stub za razvoj ovog prostora čine tri putna pravca koji su prikazani na karti broj 1.

- 1) Novi Pazar – Sjenica – Aljinovići
- 2) Novi Pazar – Tutin
- 3) Tutin – Karajukića Bunari – Sjenica

Karta broj 1. Karta Peštarske visoravni sa klizištima



Put I reda IB-29 Aljinoviće-Sjenica-Novi Pazar je putni pravac koji osim toga što ima veliki značaj u putnoj mreži Srbije kao veza IB-22 Kraljevo-Novni Pazar i IB-23 Nova Varoš-Prijepolje-granica Crne Gore ima veliki značaj za narod ovog kraja jer sa putem IIA-203 predstavlja okosnicu razvoja ovog područja. Zbog nepostojanja željeznice on predstavlja jedinu vezu ovog prostora sa prugom Beograd-Bar u Prijepolju na jednoj, i preko Novog Pazara i Raške sa Ibarskom magistralom na drugoj strani.

Istorijski posmatrano, dobar deo trase ovog putnog pravca se poklapa sa trasom puta „Via metalika“ iz rimskog perioda, odnosno sa „dubrovačkim“ i „bosanskim“ putem iz srednjevekovnog perioda. Izgradnja ovog putnog pravca započeta je davne 1953.godine.

Dužina ovog putnog pravca koju održava AD „Novi Pazar-put“ iznosi 73,6km. Od toga je na dužini od 20km izvršena rekonstrukcija puta po projektu, dok je na preostalom delu u dužini od 53,3km asfalt urađen po postojećem stanju puta.

Za kompletnu deonicu od 53.3km urađena je projektna dokumentacija po kojoj se mogu izvoditi radovi.

Put II reda IIA-203 Novi Pazar-Tutin-Špiljani u putnoj mreži Srbije povezuje puteve IB-29 Sjenica-Novu Pazar i IB-22 Jadransku magistralu. Za ljude ovog područja, kako je prethodno rečeno uz IB-29 predstavlja okosnicu privrednog i sveukupnog razvoja ovog kraja.

Put je asfaltiran u celoj dužini od 37km između 1970. i 1983. godine. Zatečeni elementi puta i stanje kolovoza zahtevaju hitne radove rehabilitacije i rekonstrukcije kako bi ovaj put dobio elemente koji odgovaraju rangu puta kojem pripada.

U periodu od 2008.-2010.godine urađeno je po projektu 6km puta. Za preostali deo put Novi Pazar-Tutin dužine L=22+000km urađena je potrebna projektna dokumentacija za izvođenje radova, a za deonicu puta Tutin-Špiljani u dužini od 9km potrebno je da se izradi projektna dokumentacija.

Put II reda IIA-202 Sjenica-Raždaginja-Karajukića Bunari-Leskova-Tutin predstavlja najkraću vezu opština Sjenica i Tutin preko peštarske visoravni. Dužina ove veze dveju opština, popularno nazvane „Peštarska magistrala“ iznosi 60km. U sadašnjim uslovima se za povezivanje ovih opština često koriste putevi IB-29 i IIA-203 i njihova udaljenost je 78km.

Poprečnu vezu dveju opština čini put II reda IIA-202 od ukupno tri koja presecaju veliko prostranstvo Peštarske visoravni. Tu su još IIA-204 Pazarište-Delimeđe-Melaje i IIA-197 Preko Brdo-Duga Poljana-Kamešnica-Rasno-Karajukića Bunari-Ugao-Granica Crne Gore. U pogledu stanja kolovoza na putnom pravcu IIA-202 Sjenica-Karajukića Bunari-Tutin asfaltirana je u dužini od 48,72km dok je preostali deo puta Raždaginje-Buđeva u dužini od 9,17km sa tucaničkim kolovozom. Kao alternativna veza veza sela Raždaginja i Buđevo koristi se deonica puta koja prolazi kroz sela Krće, Vrhšjenica, Kijevci, Čitluk i Cetanoviće, pri čemu je deo od Raždaginje do Vrhšjenice u dužini od 4km asfaltiran. Kako su Raždaginja i Buđevo fiksne tačke ovog putnog pravca, poželjno bi bilo detaljnijom analizom utvrditi koji je optimalniji pravac njihovog povezivanja i da li je to direktna veza koja spaja samo ova dva sela ili je to veza koja od Raždaginje do Buđeva prolazi kroz desetak sela i zaseoka? Za tako utvrđenu optimalnu trasu povezivanja Raždaginje i Buđeva sa Karajukićima Bunarima uradila bi se projektna dokumentacija koja bi zadovoljila propisom zahtevane uslove za ovaj rang puta.

3. KLIZIŠTA

Zbog nepovoljnog geološkog sastava terena javlja se poremećaj stabilnosti terena što dovodi do pojave klizišta većih razmera kako na putevima, tako i van njih, a što stvara uslova za remećenja zaštite životne sredine. Takođe su na karti broj 1 prikazana klizišta koja utiču kako na stabilnost terena, tako i na bezbednost puteva. Sledeća tri primera najbolje govore koje sve probleme izazivaju klizišta:

- Geološki sastav tla na putnom pravcu Novi Pazar – Tutin izuzetno je nepovoljan (opiši geološki) i u toku zasecanja ili prosecanja trase puta došlo je do remećenja stabilnosti padina i pojave klizišta. Na ovoj deonici dugoj 28 km ima 30 klizišta od kojih je do danas sanirano 10. Uzroci pojave ovih klizišta su remećenje inače loše stabilnosti kosina koje su se presecale bez bilo kakvih predhodnih geografskih radova. Zato je odvijanje saobraćaja na ovom putnom pravcu vrlo usporeno i otežano. Sve dok se deonica ne izgradi po projektu, sa potrebnim geografskim radovima, odvijanje saobraćaja će biti otežano.
- Na putnom pravcu Novi Pazar – Ribariće postoji više klizišta koja su sanirana, ali je čuveno klizište kod mosta Kominjske bare koje je godinama sanirano, imalo je dve klizne ravni i dato je tehničko rešenje po kojem je sanacija izvršena.
- Na putnom pravcu Duga Poljana – Sjenica – Aljinovići postoje 4 lokaliteta gde su se pojavila klizišta (Lazine, Dubinje, Lijepa Ravan i Goveđak). Određen broj klizišta je saniran, a za neke postoji projektna dokumentacija gde treba da se izvrši sanacija.



Slike 5. i 6. klizišta na putu IIA 203 Novi Pazar - Tutin

Ovo je deo opisanih pojava klizišta, a kod većih kišnih padavina dolazi do kretanja masa većih razmera koje ugrožavaju kako puteve, tako i čitava seoska naselja i njihove obradivo zemljište. Tako je 1994. godine sa padina sela Dobrinja došlo do kretanja velikih masa i do potpunog zatvaranja doline Vidrenjaka u neposrednoj blizini Mehovog Krša što se može nazvati skoro tektonskim poremećajem. Ovakvih primera na planinskim prostorima u ovom periodu je bilo više, koje mi nismo registrovali.



Slika 7. Sanacija klizišta na putu IB 22 Novi Paraz - Ribarići

Održavanje puteva na Pešterskoj visoravni kako zbog klimatskih uslova, tako i zbog postojećeg stanja putne mreže vrlo je složeno, odgovorno i teško kako u letnjem, tako i u zimskom periodu.

4. LETNJE ODRŽAVANJE

Kod nas se održavanje puteva u ovom periodu može podeliti u dve osnovne kategorije:

- a) Održavanje asfaltnih kolovoza
- b) Održavanje tucaničkih kolovoza

Poseban značaj se daje održavanju

- c) Kosina

- d) Sistema odvodnjavanja
- e) Prateće opreme

4.1. Održavanje asfaltnih kolovoza

Razlikuje se održavanje koje urađeno po projektu i etapne realizacija projektovanog kolovoza. Kod održavanja asfaltnih kolovoza po projektu uglavnom se vrši savremenom tehnologijom, odnosno mašinskim putem, kompletno sa čišćenjem kolovoza četkama, frezovanjem površine, špricanje emulzije špric mašinom, zatvaranjem obrađenih površina finišerom i na kraju valjanjem. Kod oštećenja većih površina vrši se presvlačenje kompletne površine finišerom i valjanje. Asfaltni kolovozi kod kojih nije urađen asfalt beton, već jedan sloj bito šljunka, većinom se radi ručno ili kombinovano sa mašinama.



Slike 8. i 9. Održavanje asfaltnih kolovoza

4.2. Održavanje tucaničkih kolovoza

Procenutalno učešće tucaničkih kolovoza u našoj putnoj mreži bilo je dosta veliko i iznosilo je 41% 1987. godine, a danas je to 19%. Njihovo održavanje vrši se ručno sa popunjavanjem oštećenih površina tucaničkim materijalom (tamponom). Kako su ovi kolovozi uglavnom u brsko planinskim predelima gde su podužni padovi puta veliki često se dešava da kod većih padavina dolazi do velikih oštećenja, čak i čitave kolovozne površine, te smo prinuđeni da vršimo sanacije većih deonica. Ove sanacije vršimo mašinskim putem. U letnjem periodu kada je saobraćaj veći sa ovih kolovoza podiže se velika prašina i ista se raznosi po poljoprivrednim površinama i šumama, što nepovoljno utiče na njihov razvoj i prinose.



Slika 10. Tucanički kolovoz na putu IIA197

4.3. Održavanje kosina

Postojeće kosine u usecima i zasecima nisu skoro nikako zaštićene od erozije i često dolazi do njihovih oštećenja ili odcepljenja, odnosno odrona i pojava većih osulina. Ove osuline ugrožavaju saobraćaj i dovode do prekida, a kolovoz sa tucaničkim zastorom potpuno deformišu i uništavaju. Otklanjanje ovih velikih odrona i osulina vršimo najčešće mašinskim putem.

Da istaknemo da se inače u čitavoj Republici na većini magistralnih i regionalnih puteva ne poklanja velika pažnja zaštiti kosina koja je neophodna. Ova zaštita se vrši samo sa žičanom mrežom na novim rehabilitacijama. Znači da nezaštićene kosine zbog njihovog oštećenja, takođe negativno utiču na životnu sredinu.



Slika 11. i 12. *Nezaštićena i zaštićena kosina na putu IB 22*

4.4. Održavanje sistema odvodnjavanja

Vrlo bitan i značajan uticaj na vek trajanja puta ima kvalitetno i redovno održavanje sistema odvodnjavanja. Nažalost često se zanemaruje redovno i kvalitetno čišćenje: kanala, rigola, propusta, drenažnih odvodnih cevi, kao i zaštitnih kegli na mostovima, ulaznih i izlaznih portala tunela. Kada se ove pozicije ne rade redovno, onda vrlo brzo dolazi do oštećenja i propadanja kolovozne konstrukcije puta. Gde god se to redovno radi, onda su negativne posledice ređe. Na prikazanim slikama se vidi gde je dobro i loše redovno održavanje.



Slike 13. i 14. *Dobro i loše održavanje sistema odvodnjavanja*

Slobodno se može reći da za ove pozicije nije problem nedostatak finansijskih sredstava, već neodgovornost, nebriga, a vrlo često i nepoznavanje značaja odvodnjavanja.

4.5. Održavanje prateće opreme: vertikalne i horizontalne signalizacije i odbojne opreme

Vrlo bitan i presudan uticaj na bezbednost saobraćaja ima pravilno postavljanje vertikalne i horizontalne signalizacije. Mi smo iz godine u godinu, radili na kvalitetnom, potrebnom i redovnom obnavljanju i postavljanju nove projektovane saobraćajne signalizacije. Vrlo često nam se dešavalo da se na pojedinim deonicama pokrade signalizacija preko noći i ostavi pustoš na putu, a otkrivanje tih nehumanih vinovnika uvek je bilo teško,

a posledice ne treba komentirati. Šta znači kada jedna deonica puta ostane bez signalizacije u toku noći, koju nije lako odmah obnoviti?



Slika 15. Obeležavanje horizontalne signalizacije



Slika 16. Pokradeni signali

Ostale potrebne pozicije i podpozicije nisu sada razmatrane već samo najbitnije.

5. ZIMSKO ODRŽAVANJE

Priča o održavanju puteva na Pešterskoj visoravni je surova i teška, ali je stvarna i istinita i ne može se izbeći. O njoj su ispričane mnoge priče, doživljavali i preživljavali teški dani i noći. Ne možemo i ne smemo da se ne prisetimo, bar malo tog prošlog surovog vremena. Naime, pre „samo“ pola veka do srca Pešterske visoravni, Karajukića Bunara i Leskove moglo se doći jedino peške, konjskim sankama od Duge Poljane i Tutina, a neznatan automobilski saobraćaj je počinjao da se odvija kada se sneg otopi. Zato su svi napori bili usresređeni da se uspostavi saobraćaj „konjskim sankama“ između Duge Poljane i Sjenice. Po pisanjima i kazivanjima taj bi se saobraćaj odvijao od tri do četiri meseca. Pešterci su se morali spremati da budu „odsečeni“ od sveta i kako da prežive taj period. Surovost i stvarnost ih je na to naterala, koju su shvatili kao jedinu realnost.



Slika 17. Volujska zaprega sa vozom



Slika 18. *Buldozer na probijanju smetova*



Slika 19. *FAP13 SK*

U periodu od tada do danas, iz godine u godinu, menjalo se i osavremenjivalo stanje putne mreže, a time su se stvarali uslovi za primenjivanje novih tehničkih sredstava za čišćenje puteva koje je počelo od lopata, vučnih i zaprežnih drvenih i metalnih voza, pa onda buldozera, zatim utovarivača, snegočistača freza od čuvenog olimpijskog STEYR-a, ruskog ZIL-a, kombinirki sa klinastim nožem, grejdera do nove i savremene opreme Volvo vozila sa svom potrebnom opremom: noževima (snegočistačima), vučnim posipačima, EPOK-ama i sada sa nosećim posipačima zapremine od 4 do 8 metara kubnih.



Slika 20. *ZIL*



Slika 21. *STEYR*

Danas skoro da nema prekida saobraćaja ni jedan dan od Aljinovića, preko Sjenica, do Duge Poljane – Karajukića Bunara – do Tutina i Sjenice.

Prekidi nastaju samo onda kada se jave orkanski vetrovi, a to traje najduže jedan do dva dana u toku zimske službe.



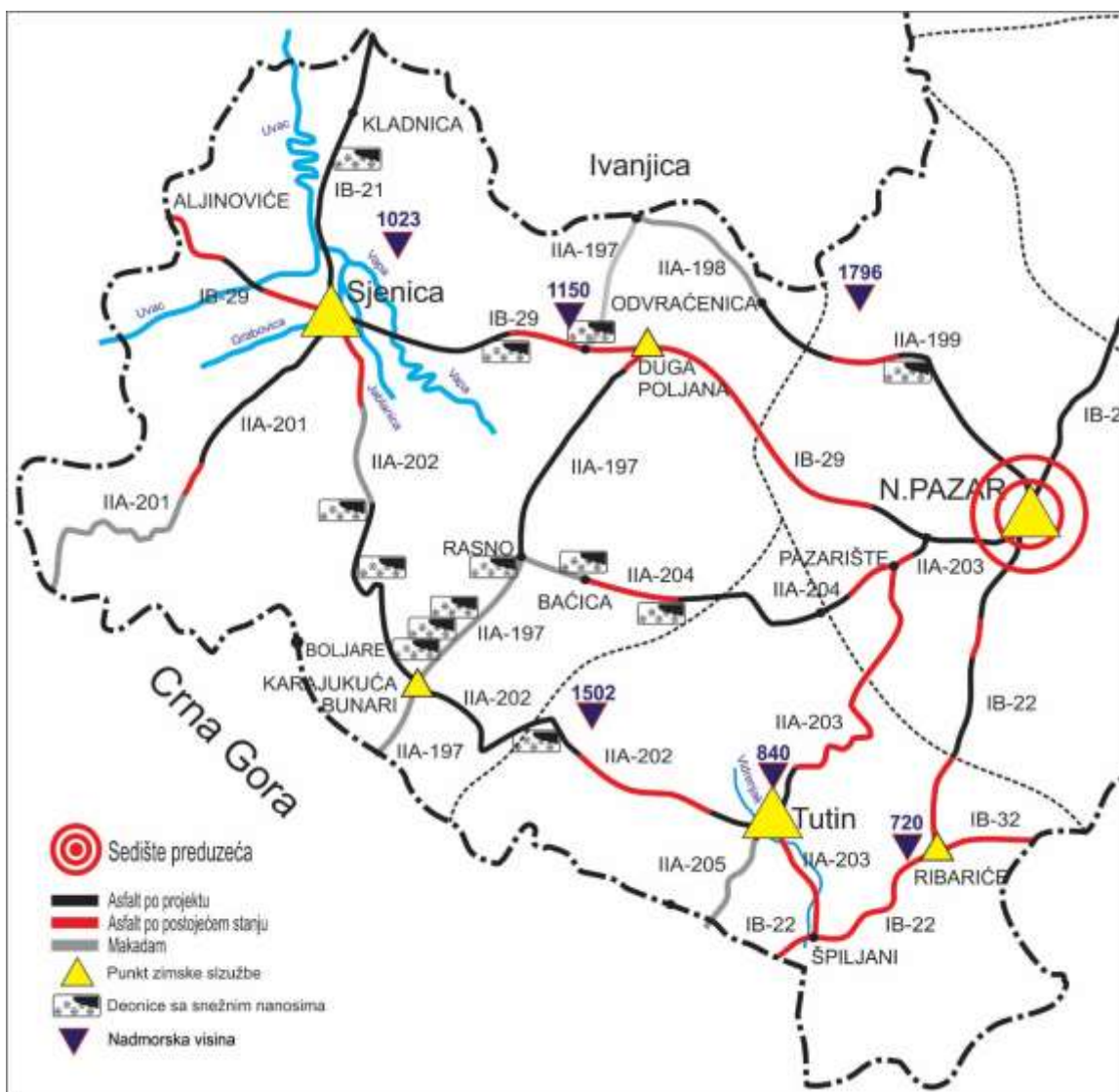
Slika 22. *Kombinovana mašina*



Slika 23. *Vozilo Volvo sa posipačem*

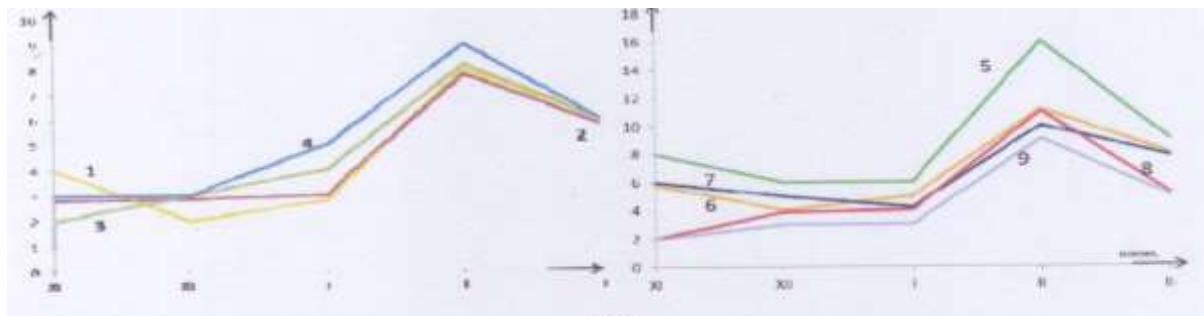
Kako smo i zbog čega smo ovo ostvarili?

- Zato što smo shvatili da narod sa surove Pešterske visoravni mora „normalno“ da živi. Zar nije dovoljno kažnjen što živi pod takvim uslovima?
- Da bi to ostvarili obilazili smo mesta van našeg prostora koja imaju slične uslove. Kako i na koji način oni održavaju njihove puteve: područja Bosne, Slovenije, Austrije i Nemačke. Pošto nismo imali uslova da primenjujemo opremu koju oni imaju, išli smo korak po korak sa primenom tehničkih sredstava koja smo imali na raspolaganju, a koja su predhodno opisana.
- Na ovom prostoru napravili smo punktove u Sjenici, Dugoj Poljani, Novom Pazaru, Tutinu, Ribariću i Karajukića Bunarima. Punktovi su savremeno urađeni, gde je obezbeđen smeštaj radnika za dežurstvo i spavanje, smeštaj potrebne mehanizacije i abrazivno-posipnih materijala. U Sjenici je urađen novi, savremeni punkt 2014. godine gde su stvoreni svi potrebni uslovi za zimsku službu, slično čuvenom punktu na Kopaoniku.

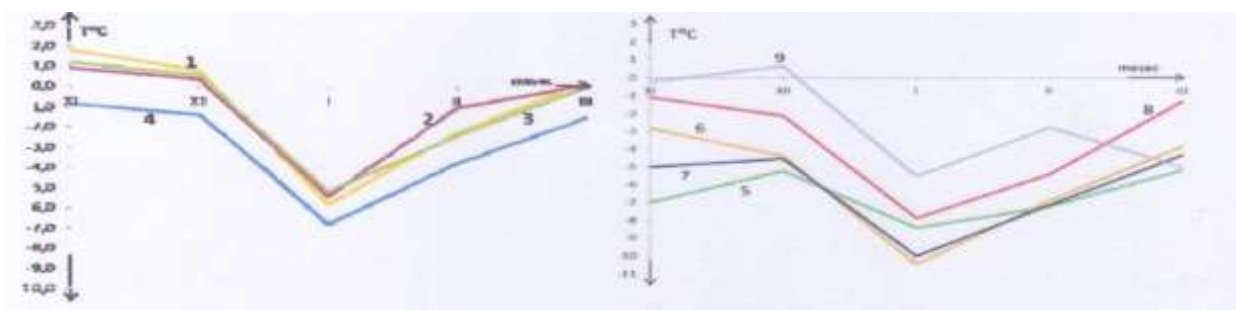


Karta 2. Karta pešterske visoravni sa deonicama gde su izraženi snežni nanosi

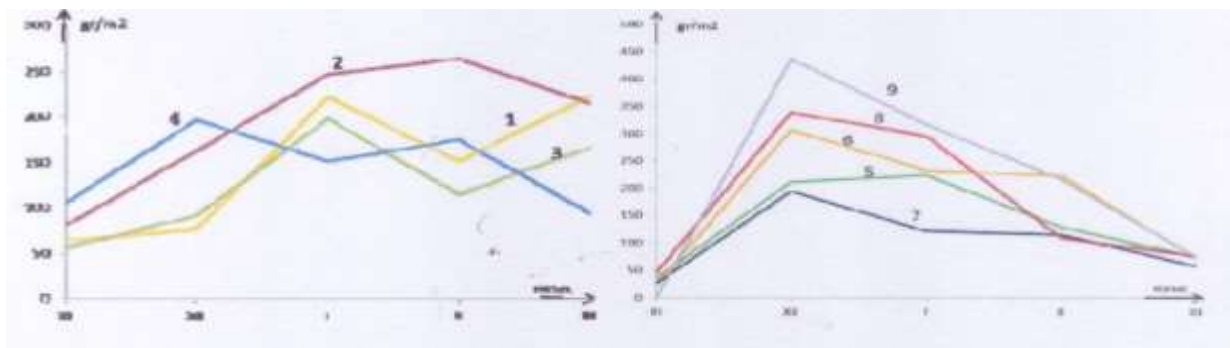
U periodu zimske službe uveli smo svakodnevno praćenje sledećih parametara: temperatura, snežnih padavina, potrošnje soli i angažovanje tehničkih sredstava. Ove parametre pratimo preko 30 godina i praćenje meteorološke prognoze koji se vide na dijagramima i kartama sa snežnim padavinama i jutarnjim temperaturama.



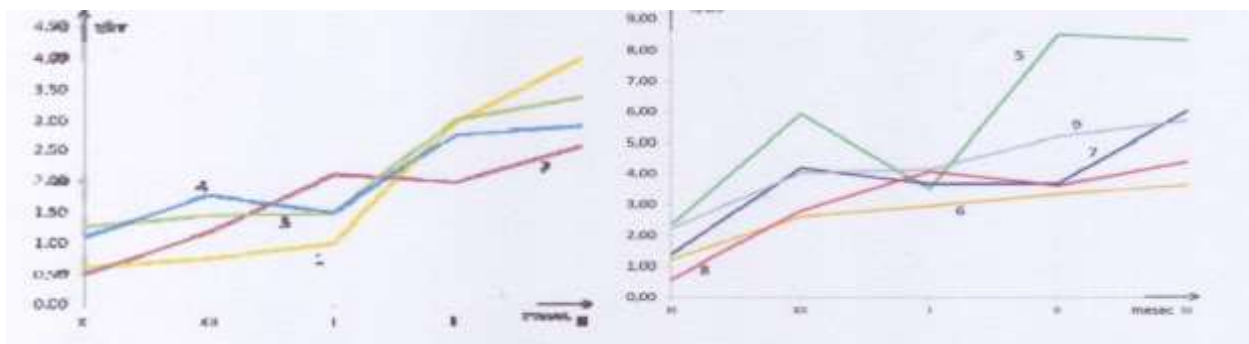
Dijagram 1. Snežne padavine 2011/2012.god.



Dijagram 2. Prosečne mesečne temperature 2011/2012.god.



Dijagram 3. Potrošnja soli gr/m2 2011/2012.god.



Dijagram 4. Efektivno angažovanje vozila i mašina 2011/2012.god.

Praćenjem ovih parametara, u ovom dugom periodu, došli smo do zaključka kako i na koji način treba da pravilno intervenišemo na čišćenju snega na ovom čitavom teškom prostoru.

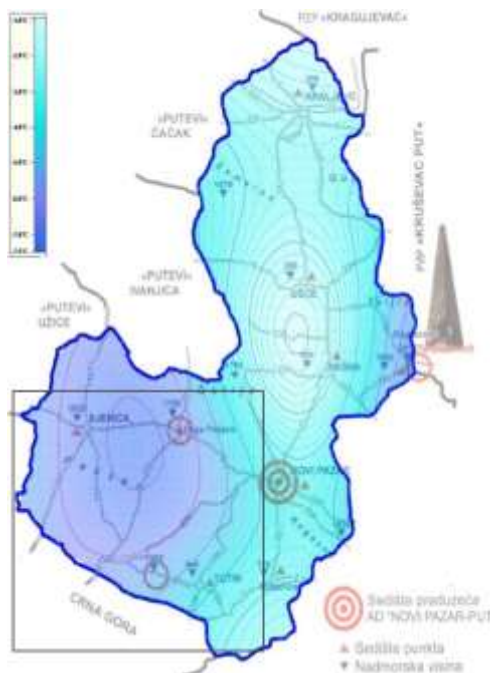
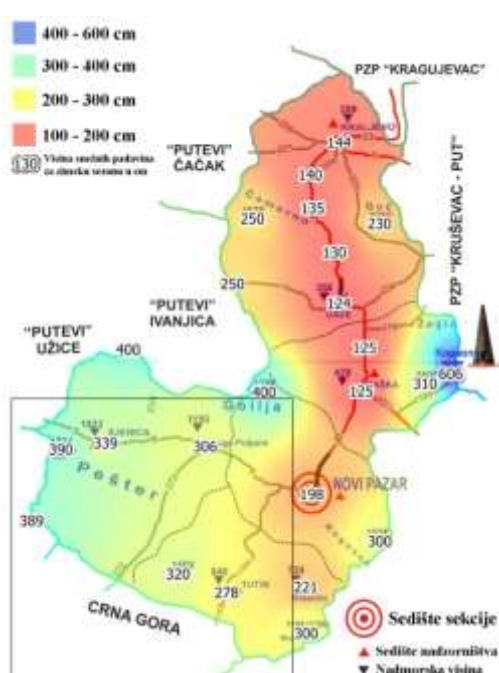


Slika 24. Punkt „Kopaonik“



Slika 25. Punkt „Sjenica“

Značaj i ulogu na realizaciji plana zimske službe imaju pored dežurstva u punktovima od 24 sata i centralno dežurstvo u Novom Pazaru, kao i štab zimske službe koji je u kriznim momentima vrlo aktivan, jer se odgovorno prilazi svim problemima koji nastaju u otežanim vremenskim uslovima, kako i na koji način da se što pre reše. Ovako odgovornom pristupu radu zimske službe rezultati su zagarantovani, a bezbednost učesnika u saobraćaju u ovim uslovima je vrlo povoljna. Normalno je da smo na sve ovo ponosni kada svi učesnici u saobraćaju kažu da odlično obavljamo poslove zimske službe.



Karte 3. i 4. Karta snežnih padavina i karta prosečnih jutarnjih temperatura zimski period iz 2011/2012

Bez obzira na postignute rezultate u radu na zimskoj službi upotrebom abrazivnih posipnih materijala, soli i tečnih rastvora natrijum-hlorida, kalijum-hlorida i magnezijum-hlorida dolazi do negativnog uticaja na životnu sredinu, kao i povećana frekvencija saobraćaja. Što dovodi do zagađenja vazduha, vode, biljnog i životinjskog

sveta, ljudskog zdravlja. Koliko je nama poznato ovi uticaji se ne prate kod nas u putarstvu što ne znači da se u razvijenim zemljama to ne radi, pa bi verovatno i mi trebali da vidimo šta treba preventivno da preduzmemo. Zakonskom regulativom uopšteno je rečeno šta sve treba da se prati, ali nismo naišli na praktične primere kako se to prati u putarstvu.

6. PRIVREDA

Potojeće stanje privrede je izuzetno nepovoljno i ono je u stagnaciji duži vremenski period. Gotovo da sve ranije fabrike ne postoje i da su ugašene, a novih ima jedino u proizvodnji nameštaja. Takođe su i poljoprivredni potencijali na selu mnogo smanjeni, jer gotovo da sve ranije podignute farme više ne postoje, te su prerađivačke mogućnosti svedene na minimum.

Zato je stepen upošljenosti radne snage izuzetno nizak, te je veći deo mlade populacije prinuđen na odlazak van zemlje da bi stvorio sebi uslove za život.

7. ZAKLJUČAK

Za pisanje ovog rada analizirali smo stanje životne sredine na 9 putnih pravaca Pešterske visoravni ukupne dužine 355,319 km i došli do zaključka da je izgradnja putne mreže prouzorkovala sledeće promene:

- Promena pejzaža i reljefa
- Pojave klizišta i odrona
- Pojačanje buke i vibracija
- Promena režima podzemnih voda, promena hemijskog sastava površinskih i podzemnih voda od izduvnih gasova, soli i drugih sredstava za sprečavanje pojave poledice
- Verovatno da postoje promene u sistemu zajednica biljnog i životinjskog sveta zbog povećanog zagađivanja, buke i vibracija koje izaziva saobraćaj

Na kraju, za mnoge iznete tvrdnje nismo imali konkretna brojna merenja i ispitivanja i zato apleujemo da bi sprečili remećenje životne sredine, odnosno da remećenje bude u granicama tolerancije. Uбудuće bi trebali pojačano raditi na istraživanju i ispitivanju terena, kako bi se mnogi negativni uticaji dejstva saobraćaja predupredili počev od izrade generalnih, idejnih i glavnih projekata puteva, kao i pojekata održavanja putne mreže. Takođe, trebalo bi uvesti monitoring, stalno merenje pojedinih indikatora bitnih za zaštitu životne sredine, bezbednost saobraćaja, kao i bezbednost i zdravlje ljudi, kao i zaštitu biljnog i životinjskog sveta na ovom prostoru.

Pešterska visoravan kao jedan od retkih rezervata obiluje izuzetno velikim i neiskorišćenim potencijalima za razvoj ovog kraj, regiona, pa i države. Postoje svi uslovi i resursi da se ovaj netaknuti prostor dobro iskoristi.

Da bi se to ostvarilo stanje putne mreže, koje je nepovoljno, mora se rešiti, odnosno izvršiti rehabilitacija starih i izgradnja novih puteva. Takođe održavanje puteva u toku cele godine mora biti kvalitetno, brzo i na vreme, da ne bi dolazilo do bilo kakvih zastoja.

Za sve projekte koji bi se realizovali radili bi se projekti zaštite životne sredine.

Literatura

- 1) Novi Pazar – Put, 2009 Sjenica, *Putna mreža Pešterske visoravni i planine Golije*“
- 2) Novi Pazar – Put, *45 godina postojanja „AD Novi Pazar – Put*
- 3) Društvo za puteve Srbije - Zbornik radova 2013 Arandelovac
- 4) Milomir Rašković, *Pešterska visoravan*
- 5) Wikipedia, Peštersko polje, dostupno ovde:
https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%88%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D1%99%D0%B5

REGULATORNE OSNOVE ZA PROUČAVANJE I UPRAVLJANJE DRUŠTVENO-EKONOMSKIM UTICAJIMA

Prof. dr Igor Jokanović, dipl.građ.inž.¹

Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Subotica, Republika Srbija, jokanovici@gf.uns.ac.rs

Milica Popović, dipl.građ.inž.

Arup d.o.o, Beograd, Republika Srbija, milica.popovic@arup.com

Rezime: *Društveno-ekonomski uticaji, kao posebna i jedinstvena kategorija u okviru međusobnih odnosa saobraćajne infrastrukture i životne sredine, zaokupljaju posebnu pažnju međunarodnih organizacija i finansijskih institucija prilikom izbora određenih projekata. Analiza, sprečavanje ili ublažavanje društveno-ekonomskih uticaja zahteva poštovanje vrlo složenih normi (uglavnom) sadržanih unutar različitih zakona i pravilnika. U radu se prikazuje kritička analiza domaće (srpske) regulative i praksa međunarodnih finansijskih institucija koje značajno učestvuju u finansiranju domaćih infrastrukturnih projekata.*

Ključne reči: *društveno-ekonomski uticaji, regulativa, procedure, kriterijumi*

REGULATORY BASIS FOR ANALYSIS AND MANAGEMENT OF SOCIO-ECONOMIC IMPACTS

Prof. Igor Jokanović, Civil Eng., Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica, Subotica, Republic of Serbia, jokanovici@gf.uns.ac.rs

Milica Popović, Civil Eng.

Arup Ltd., Belgrade, Republic of Serbia, milica.popovic@arup.com

Abstract: *Socio-economic impacts, as a separate and unique category within the mutual relation between traffic infrastructure and the environment, attract special attention of international organizations and financial institutions in the selection of specific projects. Analysis, prevention or mitigation of socio-economic impacts require compliance with very complex rules (mainly) contained within various laws and regulations. The paper presents critical analysis of domestic (Serbian) legislation and practice of international financial institutions that significantly contribute to the financing of local infrastructure projects.*

Keywords: *socio-economic impacts, regulations, procedures, criteria*

1. UVOD

Sredinom 70-ih godina prošlog veka u svetu se pojavila ideja o provođenju dublje analize uticaja koje značajni građevinski projekti, kao što su saobraćajnice, pa samim tim i putevi, imaju na sredinu u kojoj se nalaze, odnosno u kojoj se namerava njihova realizacija. Postalo je jasno i generalno prihvaćeno da svaka izmena izaziva pozitivne i negativne uticaje na okruženje uključujući uticaje na životnu sredinu, socijalno-ekonomsko stanje zajednice, političke i finansijske odnose u zajednici, društvene, biološke, bezbednosne i mnoge druge uticaje.

Ova analiza uticaja se originalno odnosila samo na „velike“ projekte kao što su projekti kapitalnih investicija, značajnije infrastrukturne objekte, industrijska i nuklearna postrojenja ili postrojenja za eksploataciju prirodnih resursa. Ovako veliki projekti mogu stvoriti mogućnosti za razvoj zajednice i doneti sa sobom mnoge pogodnosti, ali u isto vreme mogu stvoriti i razne štetne uticaje i zagađenja. Obim i intenzitet ovih uticaja zavisi kako od samog projekta, tako i od sredine u kojoj se realizuje. Međutim, u praksi se pokazalo da i manji projekti mogu imati značajne uticaje na sredinu u kojoj se nalaze. Tipično, projekti nikada nisu jednoznačno dobri ili loši; uvek postoji diferencijalna podela pozitivnih i negativnih uticaja (štete i koristi) na okolne zajednice.

¹ autor za korespondenciju

Uticaji mogu biti različitog intenziteta i trajnosti, mogu se javiti u relativno maloj sredini ili se širiti na okolne zajednice. Neophodno je osigurati posvećeno i strogo vođenje projekta kako bi se osigurala maksimalna korist, a negativni uticaji izbegli ili u velikoj meri umanjili tokom trajanja projekta. Pri tome, trajanje projekta uključuje sve faze od planiranja i projektovanja, preko izvođenja, eksploatacije i održavanja objekata, sve do rušenja objekta ili početka novog životnog ciklusa nakon rehabilitacije ili rekonstrukcije, kao što je to slučaj kod većine objekata saobraćajne infrastrukture. Ukoliko se potencijalni uticaji sagledaju u početnim fazama planiranja i pripreme projekata lakše ih je umanjiti ili izbeći.

Društveno-ekonomski uticaji se generalno opisuju kao posledica bilo koje javne ili privatne aktivnosti na ljudsku populaciju, i praktično se ogledaju u promeni načina na koji ljudi žive, rade, zabavljaju se, ostvaruju međusobne odnose, organizuju radi zadovoljenja potreba i kako se uopšteno ponašaju kao članovi društva. Takođe, obuhvataju i kulturološke uticaje koji uključuju promene u normama, vrednostima i verovanjima kojima se ljudi rukovode i pomoću kojih racionalizuju spoznaje o sebi i društvu kome pripadaju. Tako shvaćeni, društveno-ekonomski uticaji se prožimaju kroz višestruke aspekte života i rada populacije (način života, kultura, zajednica, politički sistemi, okruženje, zdravlje, dobrobit, lična prava, prava vlasništva, strahovi, težnje/želje), a naročito su izraženi kroz: rizike po zdravlje populacije, gubitak komfora, mešanje radnika i članova zajednice, opterećenje infrastrukture, raseljavanje, promenu namene zemljišta, dugotrajnu eksproprijaciju, promenu mesta aktivnosti i odnosa u zajednici i dr.

Generalno, društveno-ekonomske uticaje je moguće grupisati u pet pojava kategorija u odnosu na sferu u kojoj se pojavljuju:

- uticaji na način života - način na koji se ljudi ponašaju i odnose prema članovima porodice, prijateljima i drugim grupama na dnevnoj osnovi;
- kulturološki uticaji - zajednički običaji, obaveze, vrednosti, jezik, odnos između polova, verski i drugi elementi koji identifikuju određenu društvenu ili etničku grupu;
- uticaji na zajednicu - infrastruktura, usluge, dobrovoljne organizacije, zajedničke aktivnosti, povezanost i snaga zajednice;
- smisao i kvalitet života - poimanje i prihvatanje mesta života, estetike i nasleđa, poimanje pripadnosti, sigurnosti i mogućnosti za život, želje i planovi za budućnost;
- uticaji na zdravlje - mentalna, fizička i društvena dobrobit.

Kao što se može uočiti, a i generalno je prihvaćeno još od začetaka proučavanja uticaja sedamdesetih godina prošlog veka, postoje određeni odnosi između ekoloških i društveno-ekonomskih problema, kvaliteta projekata i njihove održivosti. Na primer, poboljšano upravljanje resursima, uključujući i učešće zainteresovanih strana u donošenju odluka, se odnosi na mogućnosti da se priušti promocija više održivih izvora prihoda. Stoga se u kontekstu projekta, ekološki i društveno-ekonomski interesi često prepliću i najbolje procenjuju u integrisanom smislu, sa ciljem da se:

- osigura ravnopravno i konkretno razmatranje društveno-ekonomskih aspekata i njihovo uključivanje u životni ciklus projekta;
- predvide i izbegnu, odnosno smanje ili ublaže nepovoljni uticaji predloženih projekata;
- zaštite karakteristike zajednica i pojedinaca;
- identifikuju i poboljšaju mogući pozitivni uticaji projekata;
- promoviše razvoj koji je izgrađen na principima jednakosti, održivosti i optimizira korišćenje resursa i mogućnosti upravljanja;
- primeni strategija koja uključuje širok spektar zainteresovanih strana.

2. DRUŠTVENO-EKONOMSKI UTICAJI KOD PROJEKATA PUTNE INFRASTRUKTURE

Uticaj određenih infrastrukturnih objekata (gde spada i putna infrastruktura značajne površine, dužine i zapremine) na društveno okruženje se može posmatrati samo ako se jasno odrede pojedine društvene grupe, kao korisnici prostora i objekata na njemu u odnosu na koje se ovaj fenomen može istraživati. Kod puteva se jasno mogu izdvojiti dve osnovne interesne grupe. Jednu grupu čine korisnici putne infrastrukture, a drugu čine stanovnici u okolini ili duž puteva, kao i vlasnici nepokretnosti koje su pod uticajem te iste infrastrukture.

Prva društvena grupa, koju sačinjavaju korisnici, kroz realizaciju konkretnog projekta ostvaruje niz povoljnosti budući da se izgradnjom puta značajno poboljšava bezbednost saobraćaja, smanjuje potrošnja goriva, skraćuje vreme putovanja, poboljšava saobraćajna povezanost na širem području i stvaraju povoljniji uslovi za razvoj. Izgradnjom puta treba očekivati i povećanje mobilnosti stanovništva šireg prostora čime se otvaraju mogućnosti za razvoj određenih delatnosti kojima se menja socijalna struktura.

Deo stanovništva koji se nalazi u neposrednoj blizini postojećih puteva izgradnjom novog puta može dobiti povoljnije uslove stanovanja budući da će doći do izmeštanja saobraćajnih tokova, mogućnosti otvaranja radnih mesta i dostupnosti raznim aktivnostima i delatnostima, kao i oslobađanja građana od zavisnosti i determinanti lokalne zajednice. Suprotan efekat u ovim zonama, u smislu pogoršanja uslova privređivanja, će se pojaviti kao posledica smanjenja zahteva za uslugama duž postojećeg puta (restorani, moteli, benzinske pumpe, servisi i dr) ili usled onemogućenog pristupa objektima i resursima, bilo privremeno ili trajno. Osim navedenog, negativni društveno-ekonomski uticaji najčešće obuhvataju i gubitak izvora prihoda, razdvajanje zajednice i poremećaj integriteta u izolovanim sredinama. U smislu minimiziranja uticaja u ovoj sferi sadašnjim vlasnicima ovih nepokretnosti bi trebalo omogućiti da pod povoljnijim uslovima započnu svoje privređivanje u određenim zonama novog puta.

U situacijama kada se trasa puta nalazi u retko nastanjenim područjima deo problema se minimizira, ali se mogu pojaviti uticaji koji proističu iz izlaganja društvenim kontaktima zajednica koje su do tada živele u tradicionalnom okruženju, tzv. kulturni šok. Ovo je naročito bitno u oblastima naseljenim tzv. domorodačkim stanovništvom ili starosedecima, koje karakteriše poseban tip kulturnog, društvenog, političkog i ekonomskog integriteta, i time njihove živote čini izuzetno osetljivim na uticaje izvan zajednice.

Deo ovih problema se mora rešavati u periodu pripreme i izgradnje puta, pre svega na nivou kontakta sa ovim zajednicama i razjašnjenju osnovnih problema koji će po njih nastati u toku i nakon izgradnje puta. Problemi koji mogu nastati obuhvataju: gubitak tradicionalnog osećaja identiteta, gubitak životnog prostora, ugrožavanje tradicionalnog prava na zemlju, zdravstveni problemi i ugrožavanje prava na razvoj zajednice ili pojedinaca. U fazi izvođenja radova naročito treba nastojati da se stacionarni objekti gradilišta lociraju tako da se izbegnu mogući problemi radnika koji su angažovani na izvođenju radova i lokalnog stanovništva.

Izgradnja novog ili proširenje postojećeg puta mogu dovesti do razdvajanja lokalne zajednice. Alternativni putevi za prelazak brzih saobraćajnica su često duži i direktno utiču na privređivanje i kontakte unutar zajednice koja ostaje razdvojena sa različitih strana novog puta.

Vlasnici zemljišta na kome se gradi put su interesna grupa koja najviše gubi u novim okolnostima, bez obzira na nadoknadu koja im pripada nakon otuđenja zemljišta. Korišćenje zemljišta za izgradnju ili rekonstrukciju puta može podrazumevati dobrovoljnu prodaju zemlje ili prisilno otkupljivanje. Zbog same prirode, eksproprijacija izaziva društveno nezadovoljstvo i ekonomske gubitke kod pogođenih pojedinaca i njihovih porodica, posebno ako podrazumeva i raseljavanje. Vrlo je važno naglasiti da se obim nezadovoljstva i gubitak povećava vrlo brzo sa brojem oštećenih ljudi. U ovom slučaju postoje posebno razvijeni modeli uticaja i kompenzacija koji se mogu prilagođavati svakoj konkretnoj situaciji. Nadoknada za eksproprijaciju i porušene objekte treba pored novčanog da obuhvati i obrazovni, odnosno savetodavni aspekt, kako bi se izbegli slučajevi da se dobijeni novac potroši nenamenski i stvore socijalni slučajevi o kojima se kasnije mora brinuti društvo, npr. dodeljivanje nadoknade na osnovu ugovora o ulaganju sredstava.

U nekim „nezvaničnim“ delatnostima nije lako odrediti ko je pogođen ili pak prirodu mogućih dugoročnih uticaja. Mnoge pijace ili mali ugostiteljski objekti pored puteva nisu zvanično organizovani i često ne poseduju dokumentaciju o vlasništvu, zakupu i приходima. Poseban problem leži u činjenici da je čest slučaj da predviđene mere kompenzacije ne dolaze do oštećenih, posebno ako su alternativna sredstva boljeg kvaliteta nego ona koja su izgubljena, pa su tada privlačnija drugim uticajnim grupama.

Upoređivanje efekata izgradnje, negativnih i pozitivnih, dovodi do saznanja o koristi po društveno okruženje u slučaju izgradnje puta. Projekat svakako treba realizovati samo ako su koristi višestruko veće nego što su štete koje se javljaju.

Efekti koji se mogu pojaviti kao posledica izgradnje, a koji mogu imati određenog uticaja u društvenoj sferi su vezani za mogući izazvani, nekontrolisani razvoj duž puta čime bi se značajno poremetili postojeći odnosi, ali isto tako se može javiti napuštanje pojedinih prostora u slučaju prolaska puta na većoj udaljenosti od naseljenog mesta.

Originalno se procena uticaja društveno-ekonomskih aspekata realizacije projekata provodila paralelno i na sličan način kao procena uticaja na životnu sredinu. Problem sa takvim pristupom je što pojednostavljuje kompleksne društveno-ekonomske uticaje. Ovi uticaji su retko prosti uzročno-posledični odnosi i zbog toga ih je teže kvantifikovati.

Tokom poslednjih 15-20 godina pojavile su se razne metodologije za provođenje procene društveno-ekonomskih uticaja, kao i načina ublažavanja i/ili sprečavanja. Razvijenije države su u okviru svojih agencija postavljale uslove za identifikaciju uticaja i usvajanje mera za smanjenje i kontrolisanje tih uticaja. U mnogim zemljama je procena uticaja postala zakonska obaveza prilikom odobravanja finansiranja i dobijanja dozvola za izgradnju, dok su praćenje i kontrola primene mera ublažavanja ili eliminacije negativnih uticaja preporučenih kroz studiju uslov za eksploataciju objekata ili nastavak finansiranja. Problematika proučavanja i upravljanja uticajima je generalno regulisana na veoma sličan način u različitim zemljama sa ciljem podizanja društveno-ekonomskog aspekta uticaja projekata na obavezujući nivo, ali na način da aktivnosti budu konkretne, jasne i merljive.

3. DOMAĆE REGULATORNE OSNOVE

U Srbiji trenutno ne postoji precizna zakonska obaveza da se detaljno analiziraju društveno-ekonomski uticaji projekta na stanovništvo i zajednicu, niti razrađeni zahtevi i/ili elementi ove analize u okviru podzakonskih akata, ali to ne znači da se ove procene, odnosno pojedini elementi sveobuhvatne procene, ne provode. U okviru nekih od postojećih zakona obuhvaćene su analize pojedinačnih aspekata i propisivanje mera za ublažavanje uticaja. Ovde se pre svega misli na Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu, Zakon o planiranju i izgradnji, Zakon o eksproprijaciji i dr, a pojedini elementi istih se analiziraju u nastavku.

Kao „glavni“ regulatorni element u državi, Ustav Republike Srbije [1] u članu 1. utvrđuje zasnovanost države na vladavini prava i socijalnoj pravdi, te ljudskim i manjinskim pravima i slobodama. Takođe, vladavina prava se definiše kao osnovna pretpostavka Ustava koja počiva na neotuđivim ljudskim pravima (član 3). Temom ljudskih i manjinskih prava i sloboda se bavi II deo Ustava gde se garantuju i neposredno „primenjuju ljudska i manjinska prava zajemčena opšteprihvaćenim pravilima međunarodnog prava, potvrđenim međunarodnim ugovorima i zakonima“. Ljudska i manjinska prava su dakle pretpostavka unapređenja vrednosti demokratskog društva. Neka od zajamčenih ljudskih prava i sloboda koja se navode i direktno se mogu povezati sa projektima realizacije putne infrastrukture obuhvataju:

- dostojanstvo i slobodan razvoj ličnosti;
- pravo na život;
- nepovredivost fizičkog i psihičkog integriteta;
- pravo na slobodu i bezbednost;
- pravo na jednaku zaštitu prava i na pravno sredstvo;
- sloboda kretanja;
- nepovredivost stana;
- sloboda misli, savesti i veroispovesti;
- sloboda mišljenja i izražavanja;
- pravo na obaveštenost;
- pravo na peticiju;
- pravo na imovinu;
- pravo na rad;
- pravo na pravnu pomoć;
- zdrava životna sredina.

U skladu sa napred navedenim, Ustav se ustvari može podrazumevati osnovnim regulatornim elementom koji omogućava tretman društveno-ekonomskih uticaja kroz ostalu regulativu i praksu. Međutim, prenos ovih osnovnih postulata u regulativu koja se konkretno bavi odgovarajućom problematikom izostaje. Tako, na primer, Zakon o zaštiti životne sredine [2] u članu 1, kroz definiciju predmeta zakona utvrđuje da se istim „obezbeđuje ostvarivanje prava čoveka na život i razvoj u zdravoj životnoj sredini i uravnotežen odnos privrednog razvoja i životne sredine u Republici“, ali dalje uplitanje u problematiku društveno-ekonomskih uticaja ne postoji. Dalje, Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu [3] potpuno zanemaruje ovaj odnos iako je poznato da se proučavanja i sprečavanje/ublažavanje društveno-ekonomskih uticaja standardno odvija u okviru iste dokumentacije, a element putem koga se ostvaruje primena preporuka iz studije na terenu nosi naziv Plan upravljanja zaštitom životne sredine i društveno-ekonomskim uticajima (*Environmental and Social Management Plan*) i predstavlja jedan od najvažnijih rezultata studije (iako nije eksplicitno naveden kao njen element kroz domaću regulativu već se pojavljuje kao rezultat dobre prakse).

S druge strane, Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu [4] sadrži opis činilaca životne sredine za koje postoji mogućnost da budu značajno izloženi riziku usled izvođenja predloženog projekta (član 6) u okviru kojih se navodi i stanovništvo, a stanovništvo i jeste osnovni činilac kroz koji se ostvaruju društveno-ekonomski odnosi i na koje se ovi uticaji odnose. Međutim, u okviru člana 9, gde se navode mogući

značajni uticaji, tek u dve stavke se pominju (a) naseljenost, koncentracija i migracija stanovništva, kao i (b) namena i korišćenje površina, a ovo upravo spada u neke od glavnih stavki koje se moraju proučiti i kojima se mora upravljati kada se radi o društveno-ekonomskim uticajima.

Slično tome, Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu [5] definiše potrebu analize uticaja, između ostalog, na stanovništvo, infrastrukturne, industrijske i druge objekte i druge stvorene vrednosti (Prilog I). Međutim, kao što je poznato strateška procena se provodi prilikom izrade planova i programa na znatno višem nivou nego što je to konkretan investicioni projekat, te se u tom smislu prilikom ove procene mora utvrditi potencijal okruženja, odnosno životne sredine i zajednice u određenom području ili na široj oblasti (regija, država) da podnese određene uticaje i da se „odbrani“ od istih, uz iznošenje određenih preporuka koje bi trebalo primeniti u daljoj analizi na detaljnijem nivou. Dakle, strateška procena po svojoj prirodi i svom obuhvatu, a posebno imajući u vidu da se govori o putnoj infrastrukturi, ni ne može detaljno analizirati društveno-ekonomske uticaje već samo ukazati na eventualne probleme, te preporučiti šta uraditi u kasnijim fazama istraživanja. Dodatno, podzakonski akti ili standardi za konkretno provođenje strateške procene ne postoje u domaćoj praksi.

Nešto više dodirnih tačaka sa društveno-ekonomskim uticajima koji se mogu pojaviti prilikom realizacije projekata putne infrastrukture se može pronaći u Zakonu o eksproprijaciji [6, 7] koji se bavi promenom oblika svojine nad nepokretnošću (prelazak privatne svojine u javno vlasništvo). Kao prvenstvena pretpostavka ublažavanja uticaja eksproprijacije u smislu ovog zakona se definiše novčana naknada koja ne može biti niža od tržišne vrednosti nepokretnosti (članovi 1. i 11). Na taj način se vrednuje samo konkretna nepokretnost, a nikako se ne može nadoknaditi gubitak prava na rad i prihoda, gubitak integriteta i dr. Doduše, zakon je predvideo i mogućnost kompenzacije drugom nepokretnošću za poljoprivredno zemljište radi izgradnje linijskih infrastrukturnih objekata, zatim za objekte za uzgoj stoke i smeštaj ili preradu poljoprivrednih proizvoda, stambenu zgradu ili stan, poslovne prostorije. Ovakav način rešavanja problema putem kompenzacije upravo predstavlja pozitivan primer rešavanja negativnog uticaja izgradnje putne infrastrukture i kao takav se veoma često primenjuje u međunarodnoj praksi naročito kada se radi o ruralnim i nerazvijenim oblastima, naravno sa pretpostavkom adekvatnog izbora predložene nepokretnosti.

Pored Zakona o eksproprijaciji, neka prava na nadoknadu, odnosno pravni lek, su delimično definisana odredbama Zakona o obligacionim odnosima [8, 9, 10] koji omogućava licima koja nisu direktno učestvovala u eksproprijaciji da ostvare nadoknadu usled gubitaka ili štete nastale realizacijom projekta. Osim toga, u pripremi je i Zakon o investiranju [11] koji bi obuhvatao odredbe za nadoknadu gubitaka poslovnim subjektima izazvanih realizacijom određenog projekta.

Značajno je pomenuti i „AARHUS konvenciju“, usvojenu 1998. godine, a u Srbiji ratifikovanu 2009. godine [12], koja se odnosi na pristup informacijama, učešće javnosti u donošenju odluka i sl, te se kao takva u određenom obimu može povezati sa društveno-ekonomskim uticajima koji su predmet ovog rada. Prema ovoj konvenciji pravo svake osobe, sada i u budućnosti, je da živi u okolini koja odgovara individualnom stanju, zdravlju i potrebama. Takođe, svaka od zemalja potpisnica garantuje pristup javnosti informacijama i obrazovanju, pristup procesu procene životne sredine i donošenju odluka i dr, te u skladu sa tim treba i da uskladi sopstveno zakonodavstvo i praksu u nadležnim institucijama sa odredbama konvencije. Svaki dokument koji se usvaja se zasniva prvenstveno na predviđanjima za preventivno delovanje ili delovanje u ranoj fazi. Dokumenti zahtevaju jasnoću i otvorenost projekta, uključivanje javnosti i davanje ličnog suda o životnoj sredini i uticajima, pa samim tim i društveno-ekonomskim uticajima. Posebna prava su omogućena ugroženim grupama građana, područjima, biološkim vrstama i sl. Bitan aspekt konvencije je i uvođenje tzv. ekološkog prava. Pod ovim terminom se podrazumeva pravo bilo koje osobe da pokrene sudski postupak, ukoliko smatra da joj je onemogućen pristup informacijama ili da nije dobila odgovarajuću informaciju, kao i u slučaju da smatra da su donete odluke pogrešne ili štetne. Ratifikacija konvencije kroz zakonsku formu je omogućila iskorak u pravom smeru, međutim izostao je sistemski pristup provođenja iste.

4. MEĐUNARODNE FINANSIJSKE INSTITUCIJE

Kada se govori o pravilima, odnosno praksi međunarodnih finansijskih institucija, bitno je obratiti pažnju na sledeće činjenice:

- institucije ne razmatraju projekte za koje nije obavljena procena uticaja, ako je to neophodno prema kriterijumima;
- procedure su detaljno razrađene, izuzetno praćene i vrednovane u praktičnom smislu;
- preventivne mere imaju prioritet u odnosu na ublažavanje uticaja i kompenzacije;

- procena uticaja je integralna sa ostalim procenama projekta (finansijska, ekonomska, tehnička, institucionalna).

U toku poslednjih nekoliko godina sve institucije su uglavnom ujednačile svoje pristupe prema proučavanju životne sredine i njenim pojedinanim aspektima. Od toga ne odstupa ni proučavanje i upravljanje društveno-ekonomskim uticajima. Sve procene se obavljaju prema standardima i politikama banaka, ali se uvažava lokalna regulativa i uslovi (pravilo strožijih zahteva). Pri tome se poštuju dokumenti koji su navedeni u Tabeli 1, uz obavezno utvrđivanje kategorije projekta kroz preliminarnu procenu. Poseban aspekt provere je ocena sposobnosti investitora da sprovede zahtevane aktivnosti. Čitav pristup je sada orijentisan prema ispunjavanju odgovarajućih ekoloških i društvenih standarda, odnosno postizanja odgovarajućeg učinka u realizaciji aktivnosti. Poseban značaj se poklanja konsultacijama sa ugroženim i zainteresovanim pojedincima i grupama, te načinu informisanja svih strana.

Tabela 1. Osnovna dokumentacija međunarodnih finansijskih institucija u vezi sa proučavanjem i upravljanjem društveno-ekonomskim uticajima

institucija	dokumentacija
Svetska banka (operacione politike i procedure, važi do 2018) [13]	OP/BP 4.00 <i>Piloting the Use of Borrower Systems to Address Environmental and Social Safeguard Issues in Bank-Supported Projects</i> OP/BP 4.03 <i>Performance Standards for Private Sector Activities</i> OP/BP 4.10 <i>Indigenous Peoples</i> OP/BP 4.12 <i>Involuntary Resettlement</i> OP/BP 4.20 <i>Gender and Development</i>
Svetska banka (ekološki i društveni okvir, važiće od 2018) [14]	ESS 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Risks and Impacts</i> ESS 2 <i>Labor and Working Conditions</i> ESS 4 <i>Community Health and Safety</i> ESS 5 <i>Land Acquisition, Restrictions on Land Use and Involuntary Resettlement</i> ESS 7 <i>Indigenous Peoples</i> ESS 10 <i>Information Disclosure and Stakeholder Engagement</i>
Međunarodna finansijska korporacija - IFC (važi od 2012) [15]	PS 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Risks and Impacts</i> PS 2 <i>Labor and Working Conditions</i> PS 4 <i>Community Health, Safety and Security</i> PS 5 <i>Land Acquisition and Involuntary Resettlement</i> PS 7 <i>Indigenous Peoples</i>
Evropska banka za obnovu i razvoj (važi od 2014) [16, 17, 18]	PR 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Impacts and Issues</i> PR 2 <i>Labor and Working Conditions</i> PR 4 <i>Health and Safety</i> PR 5 <i>Land Acquisition, Involuntary Resettlement and Economic Displacement</i> PR 7 <i>Indigenous Peoples</i> PR 10 <i>Information Disclosure and Stakeholder Engagement</i>
Evropska investiciona banka (važi od 2013) [19, 20, 21]	ESS 1 <i>Assessment and Management of Environmental and Social Risks</i> ESS 6 <i>Involuntary Resettlement</i> ESS 7 <i>Rights and Interests of Vulnerable Groups</i> ESS 8 <i>Labor Standards</i> ESS 9 <i>Occupational and Public Health, Safety and Security</i> ESS 10 <i>Stakeholder Engagement</i>

OP - Operational Policy; BP - Bank's Procedure; ESS - Environmental and Social Standard;
PS - Performance Standard; PR - Performance Requirement

Kao što ekološki standardi imaju za cilj da se zaštiti i unapredi prirodno i izgrađeno okruženje, društveno-ekonomski standardi imaju za cilj da zaštite prava i poboljšaju život ljudi direktno i/ili indirektno pogođenih projektima koje finansiraju ove institucije, te da promovišu rezultate u korist individualnog blagostanja, društvene inkluzije i održive zajednice. Ostvarivanje ovih ciljeva se postiže kroz metodološki okvir definisan putem pružanja odgovora na sledeći niz pitanja:

- Ko su akteri u projektu?
- Da li su ciljevi projekta u skladu sa njihovim potrebama, interesima i kapacitetima?
- Koji društveni i kulturološki faktori utiču na mogućnost aktera da učestvuju ili imaju korist od predloženog projekta?
- Koji će biti uticaj projekta na različite aktere, posebno žene i osetljive/ugrožene grupe?
- Da li postoje planovi za ublažavanje negativnih uticaja?
- Koji društveni rizici mogu uticati na uspeh projekta?
- Koji institucionalni aranžmani su potrebni za učešće i realizaciju projekta?
- Da li postoje planovi za jačanje kapaciteta na odgovarajućim nivoima?

Istovremeno, odgovori na ova pitanja i ukazuju na moguće mere kojima će se ostvariti odgovarajući rezultati, odnosno ispuniti postavljeni ciljevi.

Kao rezultat sveobuhvatne analize društveno-ekonomskih uticaja pojavljuje se niz mogućih dokumenata, i to:

- Plan upravljanja zaštitom životne sredine i društva (*Environmental and Social Management Plan*);
- Plan zaštite zdravlja i bezbednosti zajednice (*Community Health and Safety Plan*);
- Akcioni plan raseljavanja (*Resettlement Action Plan*);
- Plan angažovanja zainteresovanih strana (*Stakeholder Engagement Plan*);
- Lokalni plan nabavki (*Local Procurement Plan*);
- Plan za obnavljanje i poboljšanje izvora prihoda (*Livelihood Restoration and Enhancement Plan*);
- Plan zaštite kulturnog nasleđa (*Cultural Heritage Management Plan*);
- Program obuke o ljudskim pravima i kulturnom diverzitetu (*Human Rights and Cultural Diversity Training*);
- ...

Broj i obim planova direktno zavisi od društveno-ekonomskih uticaja koji se javljaju i njihovog intenziteta. Takođe, može se pojaviti i niz formalnih sistema upravljanja društveno-ekonomskim uticajima, zatim programa i planova, sporazuma, operativnih procedura u vezi sa uticajima visokog rizika, itd, kao elemenata koji rezultiraju iz navedene dokumentacije i ustvari predstavljaju operacionalizaciju pojedinih predloženih mera. Navedena dokumentacija se može raditi kao sastavni deo/prilog procene uticaja na životnu sredinu i društvo, ali i kao posebna.

Kao što se može zaključiti iz navedene liste dokumenata kojima se rezultati analize prevode u konkretne aktivnosti, ovakva vrsta dokumentacije (uglavnom) ne postoji definisana prema domaćoj regulativi. Činjenica je da se ta dokumentacija pojavljuje kao zahtev i priprema samo u okviru projekata koji se finansiraju od strane međunarodnih organizacija i institucija, pa se veoma često dolazi u apsurdnu situaciju da obrađivač uopšte i ne shvata šta bi trebalo da predstavlja određeni dokument jer je nepoznat u domaćoj praksi, a da pojedini izrazi i termini ne mogu da se prilagode srpskom jeziku i terminologiji. Dodatno, može se reći da se i ona dokumentacija koja postoji definisana izrađuje tek u formalnom smislu da bi se dobila ekološka, odnosno građevinska dozvola, a da se primenom preporuka i realizacijom predviđenih mera skoro niko i ne bavi ozbiljno.

5. MEĐUNARODNO PRIHVACENA DOBRA PRAKSA

5.1. Uključiti javnost u proces donošenja odluka

S obzirom da u Srbiji ne postoji zakonska obaveza za detaljnom analizom društveno-ekonomskih uticaja, svaka delimična analiza u planskim dokumentima se svodi na obradu statističkih podataka koji se pribavljaju indirektno i bez prethodnih konsultacija sa zajednicom. Ovo obično znači da zajednica saznaje o projektu relativno kasno i najčešće preko neakreditovanih izvora.

Međunarodna praksa pokazuje da se mnogo pozitivniji utisak o projektu stvara ako se zajednica na koju će projekat uticati što ranije uključi u proces planiranja. Stanovništvo ne želi da mu se projekti nameću već žele da znaju da su aktivni učesnici u pripremi istih i da će njihovi interesi i način života biti zastupljeni prilikom fizičke realizacije i tokom eksploatacije. Ako se zainteresovanim stranama omogući da aktivno učestvuju u donošenju odluka onda se povećava i njihova podrška projektu i ubrzava rešavanje problema. Međutim, treba voditi računa da se ove konsultacije započnu što ranije i uz adekvatan plan (Plan angažovanja zainteresovanih strana) kako bi se izbeglo širenje dezinformacija i zadržalo poverenje zajednice.

5.2. Obezbediti održive uslove života zajednice

Neophodno je uzeti u obzir društveno-ekonomske i kulturne aspekte zajednice u okviru koje se projekat izvodi. Sagledati koji su izvori prihoda domaćinstava i kako sebi obezbeđuju osnovne životne potrebe (vodu, hranu, mesto za stanovanje, odeću i sl), a nakon toga sagledati kako će se usled projekta izmeniti njihov način života i da li oni poseduju sposobnost da se prilagode novom načinu života.

Jedan od očiglednih primera su projekti izgradnje različitih postrojenja (saobraćajnice, industrijski objekti i sl) u siromašnim i neobrazovanim zajednicama koje žive od poljoprivrede i stočarstva. Ovo stanovništvo nema dugoročnu korist od finansijske nadoknade jer kroz proces oduzimanja zemljišta gube osnovni izvor prihoda (smanjene površine zemlje, onemogućen pristup i sl). Za njih je potrebno napraviti program obrazovanja ili obuke za prekvalifikaciju ili obezbediti adekvatnu zamenu za izgubljeno zemljište kako bi osigurali da nakon

projekta imaju održive izvore prihoda. Ovakve analize nisu predmet domaćih zakona, a predstavljaju jedan od osnovnih principa međunarodne dobre prakse (kroz izradu planova restauracije izvora prihoda).

5.3. Detaljno razmotriti kumulativne i indirektne uticaje

Direktni uticaji na zajednicu se relativno lako prepoznaju, ali procena indirektnih i kumulativnih uticaja može biti značajno kompleksan proces, kako prilikom identifikacije, tako i prilikom određivanja veličine i značaja uticaja. U ovom smislu je društveno-ekonomske uticaje posebno teško definisati jer ne postoji jasna uzročno-posledična veza. U indirektne uticaje se na primer mogu svrstati: dodatno opterećenje na postojeću infrastrukturu (lokalni putevi, kanalizaciona i vodovodna mreža, ...) i institucije (zdravstvo, obrazovanje), narušavanje društvenih mreža i odnosa usled priliva ljudi, promena kulturnih vrednosti, promene u lokalnoj ekonomiji, izraženija nejednakost između stanovnika na koje projekat direktno utiče (eksproprijacija imovine, dodatni prihod ili gubitak prihoda usled projekta, zaposlenost na projektu) i ostalog stanovništva. Kumulativni su oni uticaji koji se javljaju kao posledica projekta, ali i drugih aktivnosti u zajednici. Svaki od njih je možda zanemarljiv, ali kada se saberu može doći do izazivanja značajnih posledica.

5.4. Biti svestan troška koji nastaje usled zanemarivanja društveno-ekonomskih uticaja

U međunarodnoj praksi, društveno-ekonomski rizik je onaj koji može da dovede u pitanje realizaciju projekta, ali i onaj koji nastaje kao posledica projekta, a izaziva značajne finansijske gubitke koji opet ugrožavaju projekat. Ovde se misli na nepredviđene troškove koji mogu biti izazvani reakcijom zajednice na društveno-ekonomske uticaje. Tu spadaju troškovi primene mera za ublažavanje uticaja, sudski (parnični) troškovi i isplata kompenzacije, štrajkovi radnika, zastoji u radu usled protesta zajednice, ugrožavanje statusa uključenih institucija, investitora i izvođača, i sl.

5.5. Raspodeliti odgovornosti

Prvenstvena odgovornost za analizu i upravljanje društveno-ekonomskim uticajima se postavlja pred investitora, odnosno krajnjeg korisnika, pri čemu se provođenje određenih mera prenosi na izvođača i nadzor kroz ugovorne obaveze. U provođenju određenih mera takođe učestvuju i druge kategorije trećih lica (npr. lokalna samouprava, državne institucije, sudovi, nevladine organizacije, grupe građana, mediji, itd) po službenoj dužnosti, bez ugovorne obaveze. Bitno je naglasiti da svaki učesnik u projektu razrađuje plan prema svojim odgovornostima, ali oni koji u hijerarhiji imaju manje odgovornosti, imaju obavezu da na vreme obavestavaju nadređene o eventualnim problemima. Sve obaveze i mere koje se prenose na treća lica (pre svega na izvođača) moraju biti usklađene sa merama zaštite iz glavnih planova, a praćenje realizacije istih je obaveza nadzora (nezavisnih konsultanata za društveno-ekonomske uticaje) kojeg imenuje investitor.

Poseban aspekt predstavlja društvena odgovornost gde odnose treba uspostaviti kroz odgovore na sledeća pitanja:

- Kome je korisnik odgovoran?
- Gde se nalazi interes korisnika da ispuni mere i zahteve iz planova?
- Hoće li korisnik imati neke negativne posledice ako se ne ponaša odgovorno prema društvu?

Kada se sredstva obezbeđuju iz fondova međunarodnih finansijskih institucija postoje posledice. Same institucije imaju odgovornost prema svojim akcionarima (u ovom slučaju su to države osnivači i članice) pa tu odgovornost prenose na korisnika. U slučaju da se planovi ne poštuju i mere ne ispunjavaju, institucije uskraćuju isplatu, pa čak mogu i obustaviti finansiranje. Po ugledu na navedeno, korisnicima se može preporučiti da pri prenosu dela te odgovornosti na izvođača i nadzor u njihovim ugovorima definišu slične klauzule, pa i penale.

6. ZAKLJUČAK

Kao što se može videti iz prethodnog teksta, proučavanje i upravljanje društveno-ekonomskim uticajima je izričita obaveza investitora. Dakle, u potpunosti isti pristup kao u odnosu na uticaje na životnu sredinu što je sasvim jasno jer se međusobno prepliću i ne mogu se jednostavno odvojiti. U tom smislu je potrebno ostvariti punu saradnju sa odgovarajućim državnim institucijama, ali i ne dozvoliti da postupak preraste u potpunu suprotnost - ispunjavanje formalnih obaveza. Povoljna činjenica je da sve međunarodne finansijske institucije, na koje se većina nerazvijenih i zemalja u razvoju oslanja u realizaciji projekata, izuzetno prate društveno-ekonomske uticaje i kako investitori, odnosno izvođači postupaju u upravljanju istima, te se zato mogu smatrati

kao svojevrsna vrsta „policajca“ kada je u pitanju ispunjavanje formalnih zahteva, ali i konkretna primena definisanih i prezetih obaveza.

Kako je Srbija kandidat za pristup Evropskoj uniji, neminovno je i da će se domaća zakonska regulativa sve više približavati evropskim standardima i zakonima. A u njima je procena društveno-ekonomskih uticaja obavezna. Do tada će se u Srbiji konkretno i sveobuhvatno, uz pripremu odgovarajuće dokumentacije i realizaciju aktivnosti tokom izgradnje i eksploatacije putne infrastrukture, provoditi samo na projektima koji se izvode uz podršku međunarodnih organizacija i finansijskih institucija. Ne treba pogrešno shvatiti da regulatorni okvir za proučavanje ovih uticaja ne postoji. U zakonima postoji dobra namera, ali imajući u vidu kompletan pravni sistem države koji je zasnovan na osnovnim zakonima i podzakonskim aktima, upravo nedostaje aspekt razrade i preciznog definisanja okvira za proučavanje i upravljanje društveno-ekonomskim uticajima, osim u slučaju eksproprijacije nepokretnosti.

Može se očekivati da će se u narednom periodu sve više pažnje posvećivati adekvatnoj proceni i upravljanju društveno-ekonomskim uticajima, naročito imajući u vidu stalni porast investiranja u zemljama u razvoju. Između slabih državnih institucija i povećane potražnje za slobodnim građevinskim zemljištem, stvara se potencijal za nastajanje i nekontrolisano širenje konflikta između graditelja i lokalnih zajednica, naročito ako rizici nisu pravovremeno identifikovani i ako se planirane mere za ublažavanje uticaja ne provode na vreme i u saradnji sa ugroženim stanovništvom.

Literatura

- [1] Ustav Republike Srbije, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 98/06
- [2] Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 135/04, 36/09, 72/09, 43/11
- [3] Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 135/2004, 36/2009
- [4] Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 69/2005
- [5] Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 135/04, 88/10
- [6] Zakon o eksproprijaciji, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 53/95, 20/09, 55/13
- [7] Zakon o eksproprijaciji, Službeni list Savezne Republike Jugoslavije, br. 16/01
- [8] Zakon o obligacionim odnosima, Sluzbeni list Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, br. 29/78, 39/85, 57/89
- [9] Zakon o obligacionim odnosima, Sluzbeni list Savezne Republike Jugoslavije, br. 31/93
- [10] Zakon o obligacionim odnosima, Sluzbeni list Srbije i Crne Gore, br. 1/03
- [11] Zakon o investiranju, Službeni list Srbije, br. 89/15
- [12] Zakon o potvrđivanju konvencije o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije-Međunarodni ugovori, br. 38/09
- [13] -, Operational Policies/Bank's Procedures, World Bank, Washington, D.C. Dostupno na: <https://policies.worldbank.org/sites/ppf3/Pages/Manuals/Operational%20Manual.aspx> (4.06.2017)
- [14] 2016. Environmental and Social Framework, Setting Environmental and Social Standards for Investment Project Financing, World Bank, Washington, D.C. Dostupno na: <https://consultations.worldbank.org/consultation/review-and-update-world-bank-safeguard-policies> (4.06.2017)
- [15] 2012. IFC Performance Standards on Environmental and Social Sustainability, International Finance Corporation, Washington, D.C. Dostupno na: http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Topics_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/Sustainability-At-IFC/Policies-Standards/Performance-Standards (4.06.2017)
- [16] 2014. Environmental and Social Policy, European Bank for Reconstruction and Development, London. Dostupno na: <http://www.ebrd.com/who-we-are/our-values/environmental-and-social-policy.html> (4.06.2017)
- [17] 2015. Performance Requirements and Guidelines, European Bank for Reconstruction and Development, London. Dostupno na: <http://www.ebrd.com/who-we-are/our-values/environmental-and-social-policy/performance-requirements.html%20> (4.06.2017)

- [18] 2015. Procedures for Environmental and Social Appraisal and Monitoring of Investment Projects, European Bank for Reconstruction and Development, London.
- [19] 2009. The EIB Statement of Environmental and Social Principles and Standards, European Investment Bank, Luxembourg. Dostupno na:
<http://www.eib.org/infocentre/publications/all/environmental-and-social-principles-and-standards.htm>
(4.06.2017)
- [20] 2013. Environmental and Social Standards, Overview, European Investment Bank, Luxembourg. Dostupno na:
<http://www.eib.org/infocentre/publications/all/environmental-and-social-standards-overview.htm>
(4.06.2017)
- [21] 2014. Environmental and Social Handbook, European Investment Bank, Luxembourg. Dostupno na:
<http://www.eib.org/infocentre/publications/all/environmental-and-social-practices-handbook.htm>
(4.06.2017)

PUTEVI KAO PREDMET PRAVNOG REGULISANJA I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE U REPUBLICI SRBIJI

Nataša Tomić-Petrović¹

¹ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, natasa@sf.bg.ac.rs

Rezime: Od starog veka u Rimskom carstvu počela je izgradnja puteva. U davno doba karavani su putovali Putem svile, od Bliskog do Dalekog istoka kopnom, morem i rekama. Traženi su i novi trgovački putevi po celom Sredozemlju, kao i duž afričkih obala. Kod nas je gradnja puteva za kolski saobraćaj počela na prelazu od 18.-19. veka. U radu su prikazani najnoviji zakoni koji su posebno relevantni za izučavanje problematike puteva u našoj zemlji, kao i zakoni kojima se sprečavaju štetni uticaji na okruženje, odnosno životnu sredinu. Aktuelna zakonska rešenja u Republici Srbiji izložena su u radu sa ciljem da doprinesu boljem poštovanju pravne regulative, posebno od lica tehničke struke koja se u praksi najčešće bave problematikom puteva, kao i zaštiti životne sredine.

Ključne reči: putevi, regulativa, bezbednost, životna sredina, Srbija.

ROADS AS THE SUBJECT OF LEGAL REGULATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Nataša Tomić-Petrović

¹ Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade

Abstract: From ancient times in the Roman Empire the construction of roads began. In ancient times, caravans were traveling the Silk Road, from the Middle to the Far East by land, sea and rivers. The new trade routes throughout the Mediterranean and along the African coast were searched for. In Serbia, the construction of roads for vehicular traffic began at the turn of the 18th to 19th century. In this paper the latest laws that are particularly relevant for studying the problem of roads in our country, as well as laws that prevent harmful effects on the environment are presented. The current legal solutions in the Republic of Serbia are exposed in the paper in order to contribute to a better respect of legislation, especially by persons of technical profession, which in practice usually deal with issues of roads, as well as environmental protection.

Keywords: roads, regulations, safety, environment, Serbia.

1. UVOD

Od starog veka u Rimskom carstvu počela je izgradnja puteva. U davno doba karavani su putovali Putem svile, od Bliskog do Dalekog istoka kopnom, morem i rekama. Traženi su i novi trgovački putevi po celom Sredozemlju, kao i duž afričkih obala. Kod nas je gradnja puteva za kolski saobraćaj počela na prelazu od 18.-19. veka.

U radu su prikazani najnoviji zakoni koji su posebno relevantni za izučavanje problematike puteva u našoj zemlji, kao i zakoni kojima se sprečavaju štetni uticaji na okruženje, odnosno životnu sredinu.

2. POJMOVNA ODREĐENJA

“Put” je izgrađena, odnosno utvrđena površina koju kao saobraćajnu površinu mogu da koriste svi ili određeni učesnici u saobraćaju, pod uslovima određenim zakonom i drugim propisima (član 2, tač. 1. **Zakona o javnim putevima**, „Sl. glasnik RS” br. 101/05, 123/07, 101/11, 93/12, 104/13), dok je javni put definisan kao linijski infrastrukturni objekat koji može biti nadzemni ili podzemni, čija izgradnja je predviđena odgovarajućim planskim dokumentom (član 2, tačka 26. **Zakona o planiranju i izgradnji**, „Sl. glasnik RS” br. 72/09, 81/09, 64/10, 24/11, 121/12, 42/13, 50/13, 98/13, 132/14, 145/14)), odnosno put od opšteg značaja koji mogu da pod jednakim uslovima koriste svi ili određeni učesnici u saobraćaju i koji je nadležni organ proglasio kao takav (član 7, tačka 3. **Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima**, „Sl. glasnik RS” br. 41/09, 53/10, 101/11, 32/13, 55/14, 96/15, 9/16).

¹ Nataša Tomić-Petrović: natasa@sf.bg.ac.rs

Prema značaju saobraćajnog povezivanja javni putevi se dele na:

- državne puteve I reda (saobraćajno povezuju teritoriju države sa mrežom evropskih puteva, odnosno deo su mreže evropskih puteva, teritoriju države sa teritorijom susednih država, celokupnu teritoriju države, kao i privredno značajna naselja na teritoriji države);
- državne puteve II reda (saobraćajno povezuju područje dva ili više okruga ili područje okruga);
- opštinske puteve (saobraćajno povezuju teritoriju opštine, odnosno grada, kao i teritoriju opštine, odnosno grada sa mrežom državnih puteva), i
- ulice (saobraćajno povezuju delove naselja). (član 5, stav 1. Zakona o javnim putevima)

Vlada Republike Srbije propisuje kriterijume za kategorizaciju državnih puteva, dok Skupština opštine, odnosno skupština grada, propisuje kriterijume za kategorizaciju opštinskih puteva i ulica. (videti: član 5, stav 2. i 4. Zakona o javnim putevima)

Prema Zakonu o javnim putevima "**održavanje puta**" je izvođenje radova kojima se obezbeđuje nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja i čuva upotrebna vrednost javnog puta u stanju koje je bilo u trenutku izgradnje, odnosno rekonstrukcije (član 2, tač. 45. Zakona o javnim putevima), dok je "**zaštita puta**" zabrana ili ograničavanje intervencija na javnom putu, zaštitnom pojasu i pojasu kontrolisane izgradnje, propisanih ovim zakonom (član 2, tač. 46. Zakona o javnim putevima). Upravljanje javnim putem u smislu ovog zakona jeste: korišćenje javnog puta (organizovanje i kontrola naplate naknada za upotrebu javnog puta, vršenje javnih ovlašćenja i sl.); zaštita javnog puta; vršenje investitorske funkcije na izgradnji i rekonstrukciji javnog puta; organizovanje i obavljanje stručnih poslova na izgradnji, rekonstrukciji, održavanju i zaštiti javnog puta; ustupanje radova na održavanju javnog puta; organizovanje stručnog nadzora nad izgradnjom, rekonstrukcijom, održavanjem i zaštitom javnog puta; planiranje izgradnje, rekonstrukcije, održavanja i zaštite javnog puta; označavanje javnog puta i vođenje evidencije o javnim putevima i o saobraćajno-tehničkim podacima za te puteve. Upravljanje državnim putem, pored navedenih poslova obuhvata i upravljanje saobraćajem i organizovanje i obavljanje brojanja vozila na državnom putu i delatnost je od opšteg interesa. (videti: član 7. Zakona o javnim putevima)

3. UPRAVLJANJE JAVNIM PUTEVIMA

Delatnost upravljanja državnim putevima obavlja javno preduzeće koje osniva Vlada (Javno preduzeće), a može da obavlja i privredno društvo, odnosno drugo pravno lice ili preduzetnik koji su registrovani za obavljanje delatnosti upravljanja javnim putem, pod uslovima i na način utvrđen zakonom kojim se uređuje obavljanje delatnosti od opšteg interesa. (videti: član 2, tačka 50. i član 8. Zakona o javnim putevima) Javno preduzeće dužno je da obezbedi upravljanje saobraćajem na državnim putevima u skladu sa propisima kojima se uređuje bezbednost saobraćaja na putevima, a upravljanje saobraćajem obezbeđuje se upotrebom: 1) telekomunikacionih, elektronskih i stacionarnih uređaja za praćenje, kontrolu, bezbednost i regulisanje saobraćaja, kontrolu stanja kolovoza i za daljinsko obaveštavanje i upozoravanje; 2) objekata i uređaja za naplatu putarine; 3) ventilacionih i sigurnosnih uređaja u tunelima; 4) objekata i uređaja za zaštitu javnog puta i 5) objekata i uređaja za zaštitu okruženja javnog puta. (videti: član 10, stav 2. i 3. Zakona o javnim putevima)

U skladu sa Zakonom o javnim putevima javni putevi i nekategorisani putevi čine mrežu puteva. Ovi putevi kao dobra u opštoj upotrebi, u državnoj su svojini i na njima se mogu sticati prava korišćenja, prava službenosti i druga prava određena zakonom. (videti: član 3. Zakona o javnim putevima)

U skladu sa **Zakonom o javnoj svojini** („Sl. glasnik RS” br. 72/11, 88/13, 105/14, 104/16, 108/16) javni putevi smatraju se dobrima u opštoj upotrebi u javnoj svojini kao stvari koje su zbog svoje prirode namenjene korišćenju svih i koje su kao takve određene zakonom. Dobra u opštoj upotrebi su u svojini Republike Srbije, izuzev državnih puteva II reda, koji su u svojini autonomne pokrajine na čijoj se teritoriji nalaze, kao i izuzev nekategorisanih puteva, opštinskih puteva i ulica (koji nisu deo autoputa ili državnog puta I i II reda) i trgova i javnih parkova, koji su u svojini jedinica lokalne samouprave na čijoj teritoriji se nalaze. (Videti: član 10, stav 2. i 7. Zakona)

Svako ima pravo da dobra u opštoj upotrebi koristi na način koji je radi ostvarenja te namene propisan zakonom, odnosno odlukom organa ili pravnog lica kome su ta dobra data na upravljanje. Na dobrima u opštoj upotrebi može se steći pravo predviđeno posebnim zakonom (koncesija, zakup i sl.) (član 10, stav 5. i 4. Zakona o javnoj svojini)

Radi sprečavanja ugrožavanja stabilnosti javnog puta i obezbeđivanja uslova za nesmetano odvijanje saobraćaja i režim saobraćaja na javnom putu, nosilac prava službenosti na javnom putu, kao i drugih prava u skladu sa zakonom, može da izvodi radove na javnom putu (građenje, odnosno postavljanje vodovoda, kanalizacije, toplovoda, železničke pruge i drugih sličnih objekata, kao i telekomunikacionih i elektro vodova, instalacija, postrojenja i sl.) samo ako je za izvođenje tih radova pribavio saglasnost upravljača javnog puta. (član 27. Zakona o javnim putevima) Preduzetnik, odgovorno lice u pravnom licu i fizičko lice koje izvodi radove na javnom putu koji nisu u vezi sa izgradnjom, rekonstrukcijom, održavanjem i zaštitom javnog puta,

kazniće se za krivično delo zatvorom do godinu dana. Preduzetnik, odgovorno lice u pravnom licu i fizičko lice, nosilac prava službenosti i drugih prava ustanovljenih na javnom putu, koje izvodi radove na javnom putu kojima se oštećuje put ili ugrožava nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja, kazniće se za krivično delo zatvorom do šest meseci. (videti: član 95, stav 2. i 3. Zakona o javnim putevima)

Zakonom o javnim putevima uređuje se pravni položaj javnih puteva, uslovi i način upravljanja, zaštite i održavanja javnih puteva, izvori i način finansiranja javnih puteva, posebni uslovi za izgradnju i rekonstrukciju javnih puteva i inspekcijски nadzor.

Javni put u naselju određuje se prostornim i urbanističkim planom, javno preduzeće donosi srednjoročni plan izgradnje i rekonstrukcije, održavanja i zaštite državnih puteva i godišnji program radova na održavanju, zaštiti, izgradnji i rekonstrukciji državnih puteva, uz saglasnost Vlade. (videti: član 6, stav 2. i član 9, stav 2. Zakona o javnim putevima) Projektovanje javnog puta, izgradnja, odnosno rekonstrukcija javnog puta i korišćenje materijala vrši se primenom tehničkih propisa i standarda za tu vrstu objekata, odnosno materijala. Pojam "tehnička regulativa" označava standarde, tehničke propise, uputstva, uslove i specifikacije za planiranje, projektovanje, građenje, održavanje i zaštitu javnih puteva; (videti: član 2, tač. 49. Zakona o javnim putevima)

Javni putevi moraju da se planiraju, projektuju i grade tako da se planska i tehnička rešenja usklade sa najnovijim znanjima tehnike projektovanja i izgradnje javnih puteva, sa zahtevima bezbednosti saobraćaja, sa ekonomskim načelima i merilima za ocenu opravdanosti njihove izgradnje i sa propisima o zaštiti životne sredine, tako da štetni uticaji na sredinu zbog očekivanog saobraćaja budu što manji. (član 83, st. 2. Zakona o javnim putevima). Ministarstvo nadležno za poslove građevinarstva izdaje građevinsku dozvolu za izgradnju objekata, i to: državnih puteva prvog i drugog reda, putnih objekata i saobraćajnih priključaka na ove puteve i graničnih prelaza. (član 133, stav 2, tač. 14. Zakona o planiranju i izgradnji) Zakonom o bezbednosti saobraćaja na putevima uređuju se osnovni uslovi koje moraju ispunjavati putevi u pogledu bezbednosti saobraćaja (član 1, st. 2. Zakona), dok je privredno društvo, drugo pravno lice ili preduzetnik koji projektuje, gradi, rekonstruiše, održava i upravlja putevima, dužno da to čini na način koji omogućava bezbedno odvijanje saobraćaja. (član 4, st. 2. Zakona).

Upravljač javnog puta dužan je da obezbedi trajno, neprekidno i kvalitetno održavanje i zaštitu javnog puta i da obezbedi nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja na njemu, dok odgovara za štetu koja nastane korisnicima javnog puta zbog propuštanja blagovremenog obavljanja pojedinih radova na redovnom održavanju javnog puta propisanih ovim zakonom, odnosno zbog izvođenja tih radova suprotno propisanim tehničkim uslovima i načinu njihovog izvođenja. (videti: član 15. Zakona o javnim putevima) Putevi moraju biti projektovani, izgrađeni, rekonstruisani i održavani tako da se saobraćaj na njima može odvijati nesmetano i bezbedno i moraju ispunjavati propisane uslove. Prilikom opredeljivanja za izgradnju novog ili rekonstrukciju postojećeg javnog puta, upravljač javnog puta mora obezbediti projekat strateške komparativne analize uticaja tog puta na bezbednost saobraćaja na putnoj mreži. Upravljač javnog puta mora obezbediti da se za projekat javnog puta sačini projekat revizije bezbednosti saobraćaja. Revizija bezbednosti saobraćaja na putu predstavlja nezavisnu i sistematsku proveru projekata puta sa aspekta bezbednosti saobraćaja, za sve faze projektovanja zaključno sa puštanjem u saobraćaj. Upravljač javnog puta mora obezbediti nezavisne projekte provere bezbednosti saobraćaja na putu i to: periodične provere u periodu od pet godina za sve deonice državnih puteva, ciljane provere za najugroženije deonice državnih puteva i periodične i ciljane provere za ostale puteve prema mogućnostima, odnosno potrebama. (član 156, stavovi 1, 3, i 4. Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima)

U zaštitnom pojasu pored javnog puta van naselja, zabranjena je izgradnja građevinskih ili drugih objekata, kao i postavljanje postrojenja, uređaja i instalacija, osim izgradnje saobraćajnih površina pratećih sadržaja javnog puta, kao i postrojenja, uređaja i instalacija koji služe potrebama javnog puta i saobraćaja na javnom putu. U ovom zaštitnom pojasu može da se gradi, odnosno postavlja, vodovod, kanalizacija, toplovod, železnička pruga i drugi sličan objekat, kao i telekomunikacione i elektro vodove, instalacije, postrojenja i sl., po prethodno pribavljenoj saglasnosti upravljača javnog puta koja sadrži saobraćajno-tehničke uslove, a upravljač javnog puta dužan je da obezbedi kontrolu izvođenja ovih radova. (videti: član 28. Zakona o javnim putevima) Zaštitni pojas, sa svake strane državnih puteva I reda – autoputeva širok je 40 metara, a kod ostalih državnih puteva I reda – 20 metara, za državne puteve II reda – 10 metara, a za opštinske puteve -5 metara. Izuzetno za prve 3 pomenute kategorije puteva, zaštitni pojas može biti i veće širine ako je planskim dokumentom predviđena izgradnja stanice za snabdevanje motornih vozila gorivom. (videti: član 29. Zakona o javnim putevima)

Obaveza je suseda javnog puta da omogući slobodno oticanje vode i odlaganje snega sa javnog puta na njegovo zemljište, uz naknadu prouzrokovane štete, kao i prilaz javnom putu ili putnom objektu radi izvođenja radova na održavanju javnog puta ili putnog objekta, uz naknadu prouzrokovane štete. (videti: član 41, stav 1. i 2. Zakona o javnim putevima) Upravljač javnog puta dužan je da zaključi ugovor sa susedom

javnog puta da na susedovom zemljištu izgradi odvodne kanale i druge uređaje za odvođenje vode od trupa puta kao i da postavi privremene ili stalne uređaje i regulacije, odnosno podigne zasade, za zaštitu javnog puta i saobraćaja na njemu od snežnih lavina, smetova, buke, zaslepljujućih efekata i drugih štetnih uticaja, ako se isti ne mogu izgraditi, postaviti, odnosno podići na javnom putu. (član 41, stav 3. Zakona o javnim putevima)

Radi zaštite javnog puta od spiranja i odronjavanja, upravljač javnog puta, dužan je, ako priroda zemljišta dopušta, da kosine useka, zaseka i nasipa, kao i zemljišni pojas ozeleni travom, ukrasnim šibljem i drugim rastinjem tako da se ne ometa preglednost na javnom putu, a ovi zasadi moraju se uredno održavati i obnavljati. (videti: član 42. Zakona o javnim putevima)

4. BEZBEDNOST I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Redovnu kontrolu javnog puta u eksploataciji sa aspekta bezbednosti saobraćaja na putu vrši organ nadležan za poslove saobraćaja - inspektor za javne puteve. Upravljač javnog puta mora obezbediti da se, na osnovu nalaza inspektora za javne puteve, sačini projekat kojim se utvrđuju mere za bezbedno odvijanje saobraćaja na putu. Upravljač puta dužan je da prati stanje bezbednosti saobraćaja na putu, obezbedi nezavisne projekte u cilju identifikacije opasnih mesta najmanje jedanput godišnje i nezavisne projekte mapiranja rizika na deonicama i identifikacija najopasnijih deonica, obavlja stručne analize visoko rizičnih deonica puta (crne tačke), sačini pojedinačan projekat za saniranje rizičnih deonica i opasnih mesta i preduzme mere za saniranje visoko rizičnih deonica puta i opasnih mesta u skladu sa tim projektom, dok je u slučaju saobraćajne nezgode sa najmanje jednim poginulim licem, upravljač javnog puta dužan da na osnovu nezavisne ocene, u roku od mesec dana, utvrdi uzrok, odnosno doprinos javnog puta nastanku, odnosno posledicama saobraćajne nezgode i preduzme mere u cilju unapređenja bezbednosti puta. (član 156, stavovi 5, 6. i 7. Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima)

Reklamne table, reklamni panoi, uređaji za slikovno ili zvučno obaveštavanje ili oglašavanje (u daljem tekstu: natpisi), mogu se postavljati na državnom putu, odnosno pored tog puta na udaljenosti od sedam metara, odnosno na opštinskom putu i pored tog puta na udaljenosti od pet metara, mereno sa spoljne strane od ivice kolovoza. Postavljanje natpisa vrši se na osnovu odobrenja koje izdaje upravljač javnog puta, a zabranjeno je u pojasu širine 60 metara pored autoputa. Natpise je dužno da održava lice koje je zahtevalo njihovo postavljanje. (videti: član 43. Zakona o javnim putevima) Na javnom putu zabranjeno je naročito: postavljanje i korišćenje svetla ili drugih svetlosnih uređaja na putu i pored puta, kojima se ometa odvijanje saobraćaja na putu, kao i svako činjenje kojim se oštećuje ili bi se mogao oštetiti put ili ometati odvijanje saobraćaja na putu. (videti: član 44. Zakona o javnim putevima)

Upravljač javnog puta dužan je da u obavljanju poslova zaštite javnog puta, svakodnevno sprovodi aktivnosti na utvrđivanju zauzeća javnog puta, bespravnom izvođenja radova na javnom putu i u zaštitnom pojasu i svih drugih činjenja kojima se bitno oštećuje, ili bi se mogao oštetiti javni put ili ometati odvijanje saobraćaja na javnom putu. Upravljač javnog puta, u ovim slučajevima dužan je da, bez odlaganja, podnese pismeni zahtev koji se zasniva na tačnom, potpunom i određenom činjeničnom stanju nadležnoj inspekciji za javne puteve, radi preduzimanja inspekcijских mera, uz koji je dužan da dostavi situacioni plan izdat od nadležnog organa, odnosno ovlašćenog lica, u slučajevima kada je taj plan podesno dokazno sredstvo za utvrđivanje činjeničnog stanja. (videti: član 45. Zakona o javnim putevima)

Ograde, drveće i zasadi pored javnih puteva podižu se tako da ne ometaju preglednost javnog puta i ne ugrožavaju bezbednost saobraćaja. (član 31. Zakona o javnim putevima) U zonama potrebne preglednosti (na raskrsnici javnog puta sa drugim putem i ukrštanja javnog puta sa železničkom prugom u istom nivou) zabranjeno je podizati zasade, ograde i drveće, ostavljati predmete i materijale, postavljati postrojenja i uređaje i graditi objekte, odnosno vršiti druge radnje koje ometaju preglednost javnog puta. Vlasnik, odnosno neposredni držalac zemljišta, koje se nalazi u zoni potrebne preglednosti, dužan je da, na zahtev upravljača javnog puta, ukloni zasade, ograde, drveće, predmete, materijale, postrojenja, uređaje i objekte u cilju obezbeđenja preglednosti puta. Ova lica imaju pravo na naknadu štete zbog ograničenja korišćenja zemljišta u zoni potrebne preglednosti, koju plaća upravljač javnog puta. (Videti: član 33, stav 2, 3. i 4. Zakona o javnim putevima) Preduzetnik, odgovorno lice u pravnom licu i fizičko lice koje podiže zasade, ograde i drveće, ostavlja predmete i materijale, postavlja postrojenja i uređaje, gradi objekte ili vrši druge radnje koje ometaju preglednost javnog puta, kazniće se za krivično delo zatvorom do šest meseci. (videti: član 95, stav 2, 3. i 5. Zakona o javnim putevima)

Upravljač javnog puta dužan je da blagovremeno i na pogodan način obaveštava javnost i korisnike javnih puteva o stanju i prohodnosti tih puteva, a u slučaju ograničenja, obustave i zabrane saobraćaja na javnom putu, u roku od 48 časova pre početka primene navedenih mera. (član 54. Zakona o javnim putevima) Izgradnja i rekonstrukcija javnog puta vrši se u skladu sa zakonom kojim se uređuje planiranje i izgradnja i u skladu sa ovim zakonom. Za izgradnju i rekonstrukciju državnog puta, pored idejnog projekta

tog puta, izrađuju se i sledeći idejni projekti: trupa puta, putnih objekata, priključaka, raskrsnica, ukrštaja, objekata za potrebe puta, saobraćajne signalizacije i opreme puta. (član 66. Zakona o javnim putevima) Investitor je dužan da, najmanje 30 dana pre početka radova na izgradnji, odnosno, rekonstrukciji javnog puta ili putnog objekta o tome obavesti javnost putem sredstava javnog informisanja ili na drugi uobičajeni način. (član 74. Zakona o javnim putevima)

Upravljač javnog puta postavlja, zamenjuje, dopunjuje i obnavlja saobraćajnu signalizaciju, opremu puta i objekte i opremu za zaštitu puta, saobraćaja i okoline, na osnovu rešenja o tehničkom regulisanju saobraćaja koje izdaje Ministarstvo, ili opštinski, odnosno gradski organ nadležan za poslove saobraćaja. (član 55. Zakona o javnim putevima)

Na mestima podložnim odronjavanju ili izloženim snežnim nanosima, bujicama i jakim vetrovima, mora se obezbediti zaštita javnog puta i saobraćaja: 1) izgradnjom stalnih objekata (potporni, obložni, pregradni i vetrobranski zidovi i sl.); 2) sađenjem zaštitnih šumskih pojaseva i drugih zasada i 3) postavljanjem privremenih naprava (palisade, drvene lese, metalne rešetke, žičane mreže i sl.). (član 81. Zakona o javnim putevima)

Očigledno je da neželjene posledice ljudskih aktivnosti remete ravnotežu u prirodi. Pariski Sporazum je postignut decembra 2015. godine, stupio je na snagu 4. oktobra 2016. godine i potpisalo ga je 195 zemalja i međunarodnih organizacija. Razvoj gradova I industrije nije praćen odgovarajućim merama zaštite od zagađenja. Svetska zdravstvena organizacija (SZO) procenjuje da se kvalitet vazduha u velikim gradovima u svetu pogoršava. Istraživačka studija obuhvatila je 1.600 gradova iz 91 zemlje, u kojima samo 12% stanovnika udiše vazduh koji je u skladu sa postojećim normama propisanim od SZO.

Prema **Zakonu o zaštiti životne sredine** („Sl. glasnik RS” br. 135/04, 36/09, 36/09, 72/09, 43/11, 14/16) u prostornim i urbanističkim planovima obezbediće se mere i uslovi zaštite životne sredine, a naročito: utvrđivanje mera integrisane zaštite i planiranja predela, radi uređenja dugoročne koncepcije, namene i organizacije predela i usklađivanja višenamenskog korišćenja prostora koje ugrožava predeo (poljoprivreda, šumarstvo, vodoprivreda, rudarstvo, energetika, saobraćaj, stanovanje, rekreacije i dr.); (Videti: član 34, st. 1. Zakona). Strateška procena uticaja na životnu sredinu vrši se za strategije, planove, programe i osnove u oblasti prostornog i urbanističkog planiranja ili korišćenja zemljišta, poljoprivrede, šumarstva, ribarstva, lovstva, energetike, industrije, saobraćaja, upravljanja otpadom, upravljanja vodama, telekomunikacija, turizma, infrastrukturnih sistema, zaštite prirodnih i kulturnih dobara, biljnog i životinjskog sveta i njihovih staništa i dr. i sastavni je deo plana, odnosno programa ili osnove. (član 35. Zakona o zaštiti životne sredine)

Procena uticaja projekta na životnu sredinu vrši se za projekte koji se planiraju i realizuju u prostoru, uključujući promene tehnologije, rekonstrukciju, proširenje kapaciteta ili prestanak rada koji mogu dovesti do značajnog zagađivanja životne sredine ili predstavljaju rizik po zdravlje ljudi. Procena uticaja vrši se za projekte iz oblasti industrije, rudarstva, energetike, saobraćaja, turizma, poljoprivrede, šumarstva, vodoprivrede, upravljanja otpadom i komunalnih delatnosti, kao i za projekte koji se planiraju na zaštićenom prirodnom dobru i u zaštićenoj okolini nepokretnog kulturnog dobra. (član 36, st. 1. i 2. Zakona o zaštiti životne sredine) Izgradnja objekata u pojasu kontrolisane izgradnje dozvoljena je na osnovu donetih prostornih i urbanističkih planova koji obuhvataju taj pojas, dok je u ovom pojasu zabranjeno je otvaranje rudnika, kamenoloma i deponija otpada i smeća. (videti: član 30. Zakona o javnim putevima) Preduzetnik, odgovorno lice u pravnom licu i fizičko lice koje ispusti vodu, otpadnu vodu i drugu tečnost na javni put, kazniće se za krivično delo zatvorom do šest meseci. (videti: član 95, stav 4. Zakona o javnim putevima)

Sa ciljem smanjivanja štetnog uticaja na životnu sredinu vlasti u Atini, Parizu, Madridu i glavnom gradu Meksika nameravale su da do 2015. godine proteraju vozila na dizel gorivo, pa na taj način i da podstaknu korišćenje hibridnih vozila, automobila na struju i vodonič. „Zelena Balkanika“ je projekat realizacije stanica za punjenje električnih vozila i kod nas, pošto već postoji u susednim zemljama.

U Republici Srbiji strateške karte buke koriste se kao osnova za izradu akcionih planova zaštite od buke u životnoj sredini i kao sredstvo za obaveštavanje javnosti o nivou buke u životnoj sredini i njenim štetnim efektima, a revidiraju se najmanje jednom u pet godina. Akcioni plan zaštite od buke u životnoj sredini za drumski, vazdušni i železnički saobraćaj, kao i za područja uz državnu granicu donosi Vlada, priprema ga Ministarstvo zajedno sa ministarstvom nadležnim za poslove saobraćaja i privrede, a donose se, odnosno revidiraju za period od pet godina. (član 20. i 21. **Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini** (“Sl. glasnik RS”, br. 36/09, 88/10)

Ministar zaštite životne sredine i prostornog planiranja i ministar za infrastrukturu 2010. godine doneli su **Pravilnik o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti** (“Službeni glasnik RS, br. 80/10). Strateška karta buke aglomeracije sadrži podatke o buci koju emituju: 1) drumski saobraćaj; 2) železnički saobraćaj; 3) vazdušni saobraćaj; 4) industrijski izvori. Strateške karte buke drumskog saobraćaja sadrže podatke o buci na autoputevima i magistralnim saobraćajnicama sa prosečnim godišnjim protokom saobraćaja većim od 3.000.000 vozila, dok strateške karte buke železničkog saobraćaja

sadrže podatke o buci na glavnim prugama sa prosečnim godišnjim protokom saobraćaja većim od 30.000 vozova. (videti: članove 7, 5 i 6. Pravilnika)

U Republici Srbiji prema **Zakonu o zaštiti prirode** („Sl. glasnik RS” br. 36/09, 88/10, 91/10, 14/16) u cilju obaveštavanja, pružanja pomoći i kontrole posetilaca i naplate naknade za upotrebu motornog vozila u zaštićenom području, na javnom putu kroz zaštićeno područje može se zasnovati ulazna stanica sa odgovarajućim objektima, opremom i osobljem, na osnovu prostornog odnosno urbanističkog plana i plana upravljanja zaštićenim područjem i uz saglasnost upravljača javnost puta. (Videti: član 68, st. 3. Zakona o zaštiti prirode) U skladu sa **Zakonom o nacionalnim parkovima** („Sl. glasnik RS”, br. 84/15) ako se prekomernim ili neadekvatnim korišćenjem, ugrožava ili nanosi veća šteta nacionalnom parku i prirodnim procesima u njemu, upravljač može zabraniti, ograničiti ili promeniti režim saobraćaja na javnim i nekategorisanim putevima i drugim saobraćajnicama unutar nacionalnog parka ili naložiti druge mere propisane pravilnikom o unutrašnjem redu i čuvarskoj službi (član 17. Zakona). U skladu sa Zakonom o zaštiti prirode javni putevi i druge vrste saobraćajnica, i drugi objekti čijom se izgradnjom presecaju uobičajeni koridori dnevno-noćnih i sezonskih migracija divljih životinja, prouzrokuju fragmentacija staništa ili na drugi način remeti njihov normalan životni ciklus, grade se na način kojim se umanjuju negativni efekti i primenom posebnih konstrukcijskih i tehničko-tehnoloških rešenja na samim objektima i u njihovoj okolini, tokom izgradnje i u periodu eksploatacije. Specijalna tehničko-tehnološka rešenja, koja omogućavaju nesmetanu i sigurnu komunikaciju divljih životinja (ekološki mostovi, izgrađeni prolazi i prelazi, tuneli, propusne cevi, jarkovi, sigurnosni i usmeravajući objekti, riblje staze i liftovi i dr.) kao i mere zaštite i način održavanja tehničko-tehnoloških rešenja, propisuje ministar uz saglasnost ministarstva nadležnog za poslove saobraćaja, rudarstva i energetike, poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede. (Videti: član 80, st.1. i 2. Zakona).

Planovi Evropske komisije za sledeću deceniju, predviđaju radikalno drugačiji transportni sistem do 2020. godine, sa jedinstvenim evropskim transportnim prostorom, otvorenim tržištima, “zelenijom” infrastrukturom i tehnologijama sa nižim emisijama ugljenika. Emisije iz saobraćaja porasle su za 24% između 1990. godine i 2008. godine, i iznose 19,5% ukupne emisije gasova staklene baste u EU, prema procenama Komisije. Kao rezultat toga, saobraćajni sector će morati da smanji emisije štetnih gasova za najmanje 45-60% ispod nivoa iz 1990. godine ako će EU da održi korak sa svojim ciljevima o klimatskim promenama za 2050. godinu. Emisije štetnih gasova biće glavni faktor za razmatranje u projektovanju saobraćajnog sistema budućnosti.

Ovaj rad posvećen je regulativi o putevima, kao i prevenciji i predostrožnosti u borbi protiv zagađenja prouzrokovanog saobraćajem i transportom. **Ustavom Republike Srbije** ("Službeni glasnik Republike Srbije", br. 98/2006) predviđeno je da je svako dužan da čuva i unapređuje životnu sredinu i da su svi, a posebno Republika Srbija i autonomna pokrajina odgovorni za zaštitu životne sredine. Imajući u vidu našu dužnost da štitimo i unapređujemo životnu sredinu za sadašnje i buduće generacije, analiza pravne regulative protiv zagađenja prouzrokovanog saobraćajem i transportom u Republici Srbiji data je zajedno sa predlozima za dalje delovanje u ovoj oblasti.

5. ZAKLJUČAK

Iako se kaže drži se starih puteva i starih prijatelja, danas kada niču sve bolji putevi, autostrade širom sveta koje povezuju ljude, kulture, gradove, zemlje i kontinente, svet postaje sve više urbanizovan.

Poznato je da su od davnina traženi novi trgovački putevi. Kada se Rimsko carstvo proširilo, putevi su postali veoma važni za ekonomske, vojne i političke odnose. Rimljani nisu od Etruraca samo preuzeli tehnike gradnje kuća, već su ih i usavršili, pa su gradili akvadukte (prvi akvedukt izgrađen je 312. godine p.n.e.) i ulice, koje su se očuvale do današnjih dana. Ab aeterno (od pamtiveka) putevi su spajali velika prostranstva, a Gete je zapisao da nikada nećeš izgubiti pravi put budeš li delovao prema osećanjima i savesti.

Aktuelna zakonska rešenja u Republici Srbiji izložena su u radu sa ciljem da doprinesu boljem poštovanju pravne regulative, posebno od lica tehničke struke koja se u praksi najčešće bave problematikom puteva, kao i zaštiti životne sredine.

U našoj zemlji se radi puno na izgradnji novih saobraćajnica. Na Koridoru X kroz Srbiju gradi se još oko 34 kilometara autoputa. Kada svih 86,9 kilometara na istočnom kraku Koridora 10 bude završeno, tada će se brže stizati do bugarske granice i glavnog grada Sofije, a planirano je da sve preostale deonice budu završene do kraja 2017. godine. Aktuelizovan je i novi Put svile kojim su u davno doba karavani putovali sa Bliskog do Dalekog istoka i to kopnom, ali i morem i rekama.

Mada su početkom juna 2017. godine Sjedinjene Američke Države odustale od Pariškog Sporazuma o klimi, pravila predviđaju da povlačenje iz ovog Sporazuma traje najmanje tri godine. U 2017. godini Srbija će dobiti “Zeleni fond” iz kojeg će finansirati projekte namenjene zaštiti životne sredine. Postoji potreba da se podrže gradovi prilikom prelaska na zelenu ekonomiju i društvo koje karakteriše niska emisija ugljenika. Stoga se savetuje prelazak na čistije energente širom zemlje, odnosno korišćenje obnovljivih izvora energije.

Literatura

- [1] Petrović, D., Tomić-Petrović, N. (2016). Geopolitical aspect of the new Silk Road. Zbornik radova sa Medjunarodne naučne konferencije: „Dunav u funkciji Novog puta svile“-“DANUBE AND THE NEW SILK ROAD“, edited by Duško Dimitrijević, Belgrade, p. 108-118.
- [2] Pravilnik o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti (*“Službeni glasnik RS, br. 80/10*).
- [3] Tomić-Petrović, N.; 2016. Osvrt na pravnu regulativu šumskih puteva u Republici Srbiji, časopis “Put i saobraćaj”: naučno stručni časopis srpskog društva za puteve, broj 4, oktobar-decembar 2016, strana 45-50.
- [4] Ustav Republike Srbije (*“Službeni glasnik Republike Srbije”, br. 98/2006*).
- [5] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima (*„Sl. glasnik RS” br. 41/09, 53/10, 101/11, 32/13, 55/14, 96/15, 9/16*).
- [6] Zakon o javnim putevima (*„Sl. glasnik RS” br. 101/05, 123/07, 101/11, 93/12, 104/13*).
- [7] Zakon o javnoj svojini (*„Sl. glasnik RS” br. 72/11, 88/13, 105/14, 104/16, 108/16*).
- [8] Zakon o nacionalnim parkovima (*“Sl. glasnik RS”, br. 84/15*).
- [9] Zakon o planiranju i izgradnji (*„Sl. glasnik RS” br. 72/09, 81/09, 64/10, 24/11, 121/12, 42/13, 50/13, 98/13, 132/14, 145/14*).
- [10] Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini (*“Sl. glasnik RS”, br. 36/09, 88/10*).
- [11] Zakon o zaštiti prirode (*„Sl. glasnik RS” br. 36/09, 88/10, 91/10, 14/16*).
- [12] Zakon o zaštiti životne sredine (*„Sl. glasnik RS” br. 135/04, 36/09, 36/09, 72/09, 43/11, 14/16*).

ISKUSTVA JAVNOG PREDUZEĆA CESTE FBiH PRI IMPLEMENTACIJI SOCIJALNIH POLITIKA MEĐUNARODNIH FINANCIJSKIH INSTITUCIJA

Selma Ljubijankić, dipl. Ing. arh

Javno preduzeće Ceste Federacije Bosne i Hercegovine,
Terezija 54, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
selma.ljubijankic@jpcfbih.ba

Rezime: Javno preduzeće Ceste Federacije Bosne i Hercegovine pokrenulo je sveobuhvatan program modernizacije mreže magistralnih cesta na teritoriji Federacije BiH. U tu svrhu pokrenuti su pregovori o kreditiranju sa međunarodnim finansijskim institucijama, među kojima je i Svjetska banka. Svjetska banka, kao i ostali kreditori, propisuje univerzalne operativne politike kojih se korisnik kredita mora pridržavati. Osnovni ciljevi okolišnih i socijalnih operativnih politika kreditora su spriječiti i umanjiti negativne utjecaje na ljude i njihovu okolinu tijekom procesa razvoja, te osigurati okolišni i društveni temelj i održivost investicijskih projekata. One promiču održivi okolišni razvoj kroz podršku zaštiti, očuvanju, održavanju i rehabilitaciji prirodnih staništa i njihovih uloga u fizičkom i kulturnom naslijeđu. Kako bi se osiguralo poštivanje operativnih politika korisnik kredita dužan je izraditi set dokumenata, zaštitnih mehanizama, koji potpadaju pod Ugovor o kreditiranju. Cilj ovih dokumenata je osigurati pravilno upravljanje okolišnim i društvenim utjecajima. Premda je upravljanje okolišnim utjecajima obavezno i prema domaćoj legislativi, upravljanje društvenim utjecajima nije uobičajeno te iziskuje poštivanje novih procedura i pravila te suočavanje sa istima. Iskustva i znanje stečeno prilikom izrade predmetnog seta dokumenata ukazuju su na važnost upravljanja socijalnim utjecajima, kao i na perspektivnost ovakvog pristupa implementaciji infrastrukturnih projekata.

Ključne reči: cesta, modernizacija, socijalni aspekti, procjena utjecaja

EXPIRIENCES OF THE PUBLIC COMPANY ROADS OF FBH AQUIRED DURING THE IMPLEMENATTION OF SOCIAL OPERATIONAL POLICIES OF INTERNATIONAL FINANCIAL INSTITUTIONS

Selma Ljubijankić, m. arch.

Public Company Roads of Federation of Bosnia and Herzegovina,
Terezija 54, 71000 Sarajevo
Bosnia and Herzegovina
selma.ljubijankic@jpcfbih.ba

Abstract: Public Company Roads of the Federation of Bosnia and Herzegovina has launched the Modernization of major roads in the FBH Program. Thus, the Company applied for a loan from International Financial Institutions, including the World Bank. The World Bank, alike other International Financial Institutions, prescribes universal Operational policies whose compliance is mandatory to the Borrower. The main purpose of environmental and social operation policies is to mitigate and minimize negative impacts on project infected people and their environment during the development process, and to assure the right environmental and social baseline, as well as the sustainability of investment prohjects. right management of social and environmental impacts. They promote sustainable environmental development through supporting conservation, preservation, maintenance and rehabilitation of natural habitats and their roles in the physical and cultural heritage. The compliance with World Bank's Operational Policies must be assured trough the preparations of a set of documents, which will eventually become a part of the Loan Contract. The purpose of these documents is to assure the proper management of social and environmental impacts. Although the management of environmental impacts is required by national legislation, the management of social aspects is not common and requires compliance with new procedures and regulations and coping with previously unknown challenges. Experiences and knowledge acquired during the preparation of this set of documents showed all the importance of managing impacts from a social aspect, as well as prospects from such a approach to the implementation of infrastructure projects.

.Keywords: road, modernization, social aspects, impact assessment

1. UVOD

Javno preduzeće Ceste Federacije BiH pokrenulo je sveobuhvatan Program modernizacije mreže magistralnih cesta na teritoriji Federacije BiH. U tu svrhu, Vlada FBiH je podržala inicijativu za osiguranje kreditnih sredstava kod međunarodnih finansijskih institucija, te su pokrenuti pregovori o kreditiranju sa grupom kreditora uključujući Svjetsku banku.

Projekt se sastoji od nekoliko malih i srednje velikih investicija, uključujući:

1. Rekonstrukcija cesta:
 - Radove izgradnje za završetak izgradnje magistralne ceste M 17.3 Neum-Stolac (ukupne dužine 32,9 km);
 - Izgradnju traka za spora vozila (ukupne dužine 40 km na 8 dionica magistralnih cesta);
 - Rekonstrukciju kolovoze konstrukcije, korekcija osovine (ukupno 18 km na 5 dionica magistralnih cesta, gdje će se korekcija osovine raditi na samo jednoj dionici u ukupnoj dužini od 1 km);
 - Rekonstrukcija 3 tunela (ukupne dužine 1,86 km);
 - Rekonstrukcija 7 mostova (ukupne dužine 0,55 km).
2. Intervencije na poboljšanju cestovne sigurnosti: Rekonstrukcija raskrsnica, koja su klasificirana kao „crne tačke“ na magistralnim cestama, sveukupno njih 9;
3. Institucionalne reforme: Upravljanje cestama u FBiH sa posebnom fokusom na održivost investicija i sigurnost na cestama;
4. Podrška implementaciji projekta: nadzor nad izgradnjom i monitoring okoliša; jačanje kapaciteta JP Ceste FBiH.

2. AKTIVIRANE OPERATIVNE POLITIKE SVJETSKE BANKE NA PROGRAMU MODERNIZACIJE MREŽE MAGISTRALNIH CESTA NA TERITORIJI FBIH

Politika Svjetske Banke o okolišnim i društvenim mjerama zaštite su oslonac njene podrške održivom smanjenju siromaštva. Osnovni ciljevi okolišnih i socijalnih operativnih politika Svjetske banke su spriječiti i umanjiti negativne utjecaje na ljude i njihovu okolinu tijekom procesa razvoja. Operativne politike nastoje osigurati okolišni i društveni temelj i održivost investicijskih projekata. One promiču održivi okolišni razvoj kroz podršku zaštiti, očuvanju, održavanju i rehabilitaciji prirodnih staništa i njihovih uloga u fizičkom i kulturnom naslijeđu.

Operativne politike koje su aktivirane Programom modernizacije su sljedeće:

- Operativna politika OP 4.01 Procjena okoliša
- Operativna politika OP 4.04 Prirodna staništa
- Operativna politika OP 4.11 Kulturno- historijsko naslijeđe
- Operativna politika OP 4.12 Nedobrovoljno preseljenje

2.1. Operativna politika OP 4.01 Procjena okoliša

Svjetska Banka zahtjeva Procjenu okoliša za predložene projekte da bi se osiguralo da oni nemaju negativnih utjecaja na okoliš ili da će se ti potencijalni utjecaji ublažiti. Ocjena okoliša je proces čija širina, dubina i tip analize ovise o prirodi, veličini i mogućim utjecajima projekta na okoliš.

U toku pripreme za pregovore o kreditiranju tim Svjetske Banke procjenjuje projekte te ih klasificira u tri grupe na osnovu tipa, lokacije, osjetljivosti, razmjera, tepirode i veličine utjecaja na okoliš.:

kategorija A: projekti čiji je utjecaj znatan, te moguće nepovratan. Utjecaji projekta ove kategorije često mogu obuhvatati prostor širi od obuhvata samih radova

kategoriya B: projekti čiji su utjecaji manje štetni, te obično ubuhvataju samo užu lokaciju radova. Ovi utjecaji su nepovratni u maloj mjeri ili nikako.

kategoriya C: projekti čiji su utjecaji minimalni te štetni u minimalnoj mjeri ili nikako.

2.2. Operativna politika OP 4.04 Prirodna staništa

Očuvanje prirodnih staništa kao i druge mjere koje štite i poboljšavaju okoliš su bitne za dugoročni održivi razvoj. Banka stoga podupire zaštitu, održavanje i rehabilitaciju prirodnih staništa i njihovu funkciju u ekonomskom i sektorskom okruženju, financiranju projekata i dijalogu politika. Banka podupire i očekuje od zajmoprimca da primjeni mjere predostrožnosti prilikom upravljanja prirodnim resursima kako bi omogućio ekološki održivi razvoj

2.3. Operativna politika OP 4.11 Kulturno-historijsko nasljeđe

Materijalni kulturni resursi su važni kao izvori vrijednih naučnih i historijskih informacija, kao sredstvo za ekonomski i društveni razvoj, i kao integralni dio narodne kulture i identiteta. Svjetska Banka pomaže zemljama da izbjegnu ili ublaže negativne utjecaje na materijalne kulturne resurse koje mogu imati projekti koje Banka financira.

Utjecaji na materijalno kulturno naslijeđe su sastavni dio ocjene okoliša. Kada je vjerovatno da će projekat imati negativne utjecaje na materijalno kulturno naslijeđe potrebno je identificirati prikladne mjere za izbjegavanje ili ublažavanje ovih utjecaja.

2.4. Operativna politika OP 4.12 Nedobrovoljno preseljenje

OP 4.12 propisuju izbjegavanje ili umanjeње prinudnog preseljenja, a gdje to nije izvodivo, propagira pomoć preseljenim osobama u unaprijeđenju i povratu svojih sredstava uzdržavanja i životnog standarda u realnom odnosu prema onom što su imali prije preseljenja ili na razinu koja je prevladavala prijepočetka provođenja projekta.

Ova Operativna politika opisuje procedure eliminisanja negativnih ekonomskih socijalnih i okolišnih utjecaja koji bi se mogli pojaviti. **Nedobrovoljno preseljenja u ovom slučaju ne znači samo fizičko preseljenje osoba naseljenih na području projekta već i bilo kakvo izuzimanje zemlje, odnosno pristupa zemlji pogođenog stanovištva.** Ovo znači da je OP 4.12 primjenjiva u slučajevima fizičkog preseljenja kao i u slučajevima bilo kakvog gubitka zemlje koji vodi ka preseljenju ili gubitku skloništa, gubitku imovine ili pristupa istoj, te gubitku izvora prihoda.

Operativna politika 4.12 naglašava tri glavna pristupa kojima se treba voditi pri nedobrovoljnom preseljenju:

(a) Nedobrovoljno preseljenje treba se izbjeći ili minimizirati gdje god je to isplativo, istražujući sva alternativna rješenja projekta.

(b) u slučajevima kada izbjegavanje nedobrovoljnog preseljenja nije isplativo, ono se mora provesti kao održivi program razvoja, obezbjeđujući dovoljne resurse pogođenom stanovništvu kako bi i ono imalo koristi od benefita projekta. Pogođeno stanovništvo treba biti konsultirano u svim fazama projekta te treba imati mogućnost učestvovanja u planiranju i provođenju plana preseljenja.

(c) Potrebno je pomoći preseljenim osobama da unaprijede ili barem povrate svoja sredstva uzdržavanja i životni standard u realnom odnosu prema onom što su imali prije preseljenja ili na razinu koja je prevladavala prije početka provođenja projekta, koja god je mjerodavnija, odnosno veća.

3. ZAŠTITNI MEHANIZMI PREMA POLITIKAMA SVJETSKE BANKE

Da bi se osiguralo poštivanje svih aktiviranih politika kreditora, potrebno je izraditi set dokumenata koji predstavljaju zaštitne mehanizme, a koji će u konačnici potapadati pod Ugovopr o kreditiranju.

3.1. Zaštitni mehanizmi prema politikama OP 4.01 Procjena okoliša, OP 4.04 Prirodna staništa, OP 4.11 Kulturno historijsko nasljeđe

Budući da je projekat izgradnje magistralne ceste M17.3 Neum-Stolac klasificiran u kategoriju A, na njega se je tokom pregovora o kreditiranju i priprema za kreditiranje obratila posebna pažnja.

Ostali projekti klasificirani su u kategoriju B, te se na njih u setu dokumenta koje smo izradili referira kao na podprojekte.

Projekti kategorije A zahtjevaju izradu seta dokumenata kojima bi se:

- procjenilo stanje okolišnih i socijalnih utjecaja koje će projekat imati
- napravio okvir upravljanja utjecajima
- te napravio detaljan plan upravljanja utjecajima

S obzirom da je **Studija utjecaja na okoliš** za projekat izgradnje M1.3 Neum –Stolac već bila napravljena 2009 godine, bilo je potrebno istu samo ažurirati te utvrditi, analizirati i procjeniti utjecaje koje će ovaj projekat imati na zahvaćeno društvo.

Cilj Ažurirane studije utjecaja na okoliš i procjene utjecaja na socijalne aspekte za projekat izgradnje magistralne ceste M17.3 Neum-Stolac, je dati procjenu potencijalnih okolišnih i društvenih rizika i utjecaja projekta na predmetnom području; ispitati alternative projekta; identificirati načine poboljšanja projekta, (lociranja, planiranja, projektiranja i implementacije) sprječavanjem, ublažavanjem ili kompenziranjem negativnih okolišnih i društvenih utjecaja i povećavanjem pozitivnih utjecaja. U studijama ove vrste se preferira predlaganje mjera prevencije umjesto mjera ublažavanja ili kompenziranja.

Osim ovog dokumenta za dionicu Neum-Stolac bilo je potrebno izraditi i **Netehnički sažetak za Ažuriranu studiju utjecaja na okoliš i procjene utjecaja na socijalne aspekte, Plan upravljanja okolišem i društvenim aspektima, Plan upravljanja otpadom**

U okviru Programa modernizacije, osim u kategoriju A klasificiranog projekta izgradnje magistralne ceste M17.3. Neum- Stolac, postoje i 33 podprojekta klasificiranih u kategoriju B

Da bi bilo moguće upravljati društvenim i okolišnim utjecajima na ovim projektima pripremljen je **Okvir upravljanja okolišem i društvom** koji specificira pravila i procedure procjene okoliša za podprojekte koji će se financirati od strane kreditora.

Gore pomenuti dokument je okviran i nije lokacijski specifičan. On samo usmjerava na generalne smjernice i procedure koje treba poštovati, daje podatke na federalnom nivou, te daje smjernice za pripremu Planova upravljanja okolišem i društvom pod-projekata;

“Cilj OUOD-a je dati opće politike, smjernice, pravila ponašanja i procedure koje će biti integrirane u provedbi Projekta.”¹

Za svaki posebni podprojekat bilo je potrebno napraviti i **Plan upravljanja okolišem i društvom** čiji je cilj identificirati sve potencijalne okolišne i društvene utjecaje povezane sa projektnim aktivnostima. Glavni mu je cilj predvidjeti mjere ublažavanja za identificirane negativne utjecaje, mjere povećanja pozitivnih utjecaja, te specificirati plan monitoringa, kojim će se provjeriti da li se mjere provode i koliko su efikasne, tokom svih faza projekta (priprema, implementacija i korištenje).

¹ Okvir upravljanja okolišem i društvom, Ecoplan d.o.o., mart 2016

3.2. Zaštitni mehanizmi prema politikama OP4.12 Nedobrovoljno preseljenje

Da bi kompletirali zaštitne mehanizme prema svim aktiviranim operativnim politikama Svjetske Banke moraju se izraditi dokumenti koji predstavljaju zaštitne mehanizme prema Operativnoj politici svjetske Banke 4.12 Nedobrovoljno preseljenje.

U svrhu provođenja operativne politike 4.12 pripremljeni su i sljedeći dokumenti:

-Okvira politike preseljenja čija je svrha da se pojasne principi preseljenja, organizaciona rješenja, osmisle kriteriji koji će se primjenjivati na podprojekte koji će se pripremati tokom provedbe projekta. Sadrži jasne definicije uvjeta pod kojima će preseljenje (za konkretni projekat, sektorski program ili u okviru političkog entiteta kao što su država ili pokrajina) biti planirano i provedeno. Ovim okvirom se uređuju pitanja kao što su priznata prava, principi davanja naknada, postupak pritužbi i druge pravne procedure. Ovaj dokument je potreban za projekte sa podprojektima ili višestrukim komponentama koje se ne mogu utvrditi prije odobrenja projekta.

-Akcijski plan preseljenja je: „Dokument u kojem sponzor projekta ili neki drugi odgovorni subjekat utvrđuje procedure koje će slijediti i radnje koje će preduzeti u cilju ublažavanja negativnog utjecaja, naknade gubitaka i osiguranja razvojnje koristi za osobe i zajednice pogođene investicijskim projektom. Akcijski plan preseljenja treba biti u skladu sa principima i ciljevima OP 4.12 i Okvirnom politikom preseljenja.”² Akcijski plan preseljenja ima za cilj utvrditi detaljne procedure koje će JP Ceste FBiH pratiti i radnje koje će preduzeti da pravilno preseli i pruži nadoknadu pogođenim ljudima i zajednicama. Dokument također sadrži osnovni popis i socio-ekonomsko istraživanje; specifične stope i standarde naknada; politike prava vezana za sve dodatne utjecaje identifikovane kroz popis ili anketiranje; raspored implementacije aktivnosti preseljenja; i procjene troškova. Ovaj dokument je potrebno uraditi za svaki projekat, odnosno podprojekat koji podrazumjeva eksproprijaciju

-Revizija i pregled preseljenja je: „Izvještaj izrađen s ciljem pokazivanja usklađenosti sa zahtjevima kako lokalne legislative koja reguliše proces otkupa zemljišta tako i Operativne politike (OP) Svjetske banke o nedobrovoljnom preseljenju (OP 4.12), sa posebnim akcentom na pravičnost procesa i prikladnost pruženih naknada, te identifikovanja ključnih pitanja i potencijalne neusklađenosti u procesu.”³ Revizija i pregled preseljenja je rađena u svrhu dokumentovanja rezultata procjene procesa otkupa zemljišta koju je vodilo JP Ceste FBiH u okviru Projekta i postizanja sveobuhvatnog uvida u dosadašnji proces otkupa zemljišta. Bilo ga je potrebno uraditi zato što je proces eksproprijacije već bio u toku na jednom dijelu dionice Neu,-Stolac

4. PARAMETRI KOJIMA SE TREBA PRIDAVATI POSEBNA PAŽNJA

Tokom izrade svih dokumenata sa stanovišta socijalog dijela moralo se voditi posebnog računa da se dva parametra ne zanemare:

1. Angažman građana/povratne informacije korisnika
2. Pitanje spola

4.1. Angažman građana/povratne informacije korisnika

Građanski angažman se definira kao dvosmjerna interakcija između građana i države koja građanima daje udio u odlučivanju s ciljem unaprjeđenja razvojnih rezultata.

On se odnosi na širok spektar mjera i mehanizama koji mogu **osnažiti građane da vlast, odnosno investitora drže odgovornim**, kao i na nastojanja civilnog društva, medija i državnih aktera da ih podrže. **Treba se naglasiti da** ove mjere i mehanizmi teže da **dopune i ojačaju**, a ne da zamijene, konvencionalne mehanizme odgovornosti.

² Akcijski plan preseljenja za dionicu Neum-Stolac, Enova d.o.o., mart 2016

³ Revizija i pregled preseljenja, Enova d.o.o., mart 2016

Razlog za insistiranje kreditora na Građanskom Angažamanu leži u tome što inicijacijom angažmana građana i dobivanjem povratnih informacija od korisnika možemo vrlo lako i rano identificirati rizike određenog projekta. Također pruža mogućnost za poboljšanje samog dizajna projekta i olakšava implemetaciju, ako se provremeno inicira, sprečava nezadovoljstvo građana, proteste koji vode ka zastoju radova i naposljetku gubitku novca

Ključne koristi angažmana građana možemo posmatrati kroz nekoliko aspekata:

1. Bolje upravljanje

- Responzivnija i odgovornija vlada
- Smanjena korupcija

2. Razvojni rezultati

- Djelotvornije javne politike
- Bolje korištenje javnih resursa
- Unaprijeđene javne usluge
- Poboljšana dobrobit građana

3. Jačanje građana

- Poboljšan pristup informacijama
- Svijest o pravima
- Nove vještine (i pouzdanje)
- Osnažen glas i uticaj

4. Unaprijeđeni odnosi između građana i države

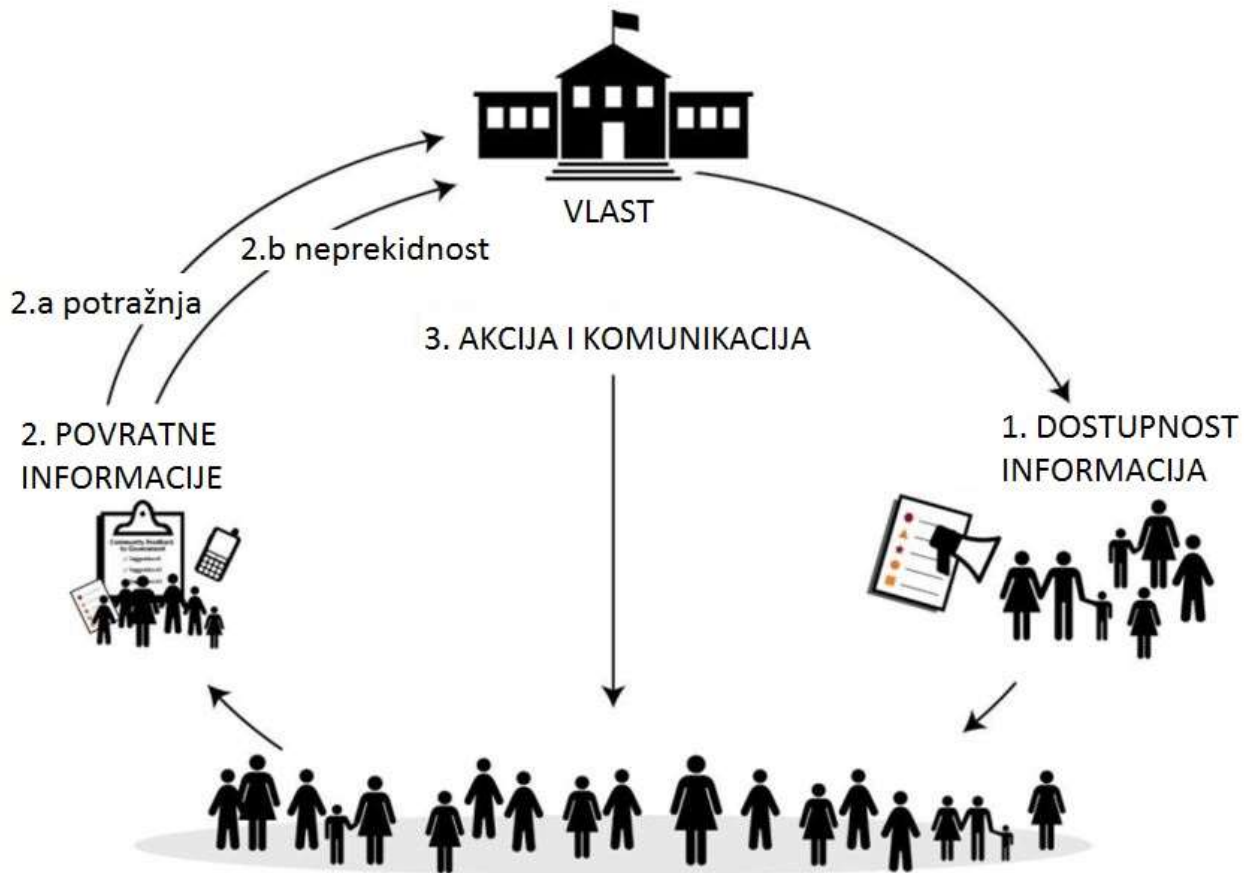
- Poboljšano međusobno razumijevanje
- Povećano povjerenje
- Novi prostori i mehanizmi za dijalog (ne samo kritika ili protest)

Tabela 1. Koristi građanskog angažamna

Građanski angažman potiče	
Javne institucije da...	Građane da...
Budu transparentne i razmjenjuju informacije	Budu informirani o vladinom djelovanju i javnim pitanjima
Vrše konsultacije s građanima prilikom planiranja i odlučivanja	Raspravljaju, organiziraju i vrše interakciju s javnim zvaničnicima/ pružateljima usluga
Uključuju građane u praćenje javnih projekata i programa	Prate i vrše evaluaciju javnih inicijativa i usluga
Odgovaraju i polažu račune građanima	Znaju svoja prava i obaveze
Poštuju legitimnu ulogu civilnog društva	Se međusobno udružuju i učestvuju u civilnom društvu

Izvor: Carmen Malena, Radionica Svjetske Banke: "Operational Learning Series on Mainstreaming Citizen Engagement: Koncept & Praksa Građanskog Angažmana", Sarajevo, April 2017

Da bi angažman građana bio uspješan i djelotvoran mehanizam iz kojeg bi se izvukle sve nabrojane koristi na određenom projektu potrebno je osigurati zatvoreni krug protoka informacija. Vlast, koja se u ovom slučaju manifestuje kroz JP Ceste Federacije, mora osigurati dostupnost informacija zainteresiranim građanima, te nakon toga od njih konstantno tražiti povratne informacije.



Slika 1. *Zatvoreni krug protoka informacija*
(Izvor: Sandra Kdolsky, Radionica Svjetske Banke: "Operational Learning Series on Mainstreaming Citizen Engagement: Mainstreaming Citizen Engagement in ECA", Sarajevo, April 2017. Prilagodio: autor)

U sklopu izrade opisanih dokumenata definirana su 2 principa dobivanja **povratnih informacija od građana**. Radi se o mehanizmima za pritužbe.

Mehanizmi za pritužbe su kreirani kroz dvije komisije od kojih je jedna sa sjedištem u općinama Stolac i Neum, kao najzahvaćenijim područjima utjecaja projekta, te jedna sa sjedištem u Javnom preduzeću Ceste Federacije BiH koja je zadužena za pritužbe koje se odnose na podprojekte.

Mehanizmi za pritužbe kreirani su tako da budu lako dostupni svakom građaninu za svo vrijeme implementacije projekta. Letci sa objašnjenjima kako pristupiti komisiji za pritužbe bit će podjeljeni lokalnom stanovništvu prije početka implementacije projekta. Pravovremenim postupanjem po pritužbama moguće je riješiti potencijalno eskaliranje nezadovoljstva među lokalnom zajednicom koje može rezultirati protestima, uplitanjem medija te eventualno i kašnjenjem čitave implementacije projekta što konačno dovodi do gubitka novca.

U toku je kreiranje i web platforme koje je zamišljena kaoodatak postojećim mehanizmima za pritužbe koji će olakšati građanima dostavljanje pritužbe, ali i Cestama Federacije registriranje i djelovanje po pritužbama

Angažman građana iniciran je održavanjem javnih rasprava i fokus grupa sa lokalnim stanovništvom. Ispostavilo se da je taj metod bio izuzetno koristan za JPCFBih radi uvida u stvarno raspoloženje lokalne zajednice prema projektima koji se trebaju implementirati. Pravovremenim reagiranjem na pritužbe lokalne zajednice uspješno su se riješile mnoge nesuglasice koje su potencijalno mogle dovesti do problema kada dođe do implementacije projekata.

Pri ovome je neophodno voditi računa o tome da se čuje glas **ranjivih skupina**. Pod tim se najviše misli na manjine, stare i nemoćne i ostale kojima su teže dostupni mehanizmi kreirani za anagažman građana i dobivanje povratnih informacija od istih. Iz tih razloga su pretstavnik konsultanta i pretstavnik JP Ceste FBiH vršili intervju u domovima zainteresiranih iz ovih skupina te čuli njihove potrebe i mišljenja.

4.2. Pitanje spola

Pitanje spola je u početku teško povezivo sa infrastrukturnim, odnosno, u ovom slučaju, cestovnim projektima u prostoru i vremenu u kojem se nalazimo. Međutim, moramo biti svjesni razlika u percepciji između muškarca i žene. Oni imaju različite potrebe i različita shvatanja kada se radi o cestama. Žena će, na primjer, čeće upozoriti na nedostatak pješačke staze, na prekomjernu brzinu, na mogućnost da djeca budu pored ceste na određenom mjestu. Bit će im bitnije povezivanje škole, pošte i ostalih sadržaja sa naseljima. Muškarci s druge strane, češće koriste ceste za tranzitni saobraćaj te će njima drugi aspekti upotrebe biti bitniji.

Iz ovih razloga, prilikom prikupljanja podataka za nulto stanje, svi podatci su razvrstani po spolu, te se isto očekuje i pri prikupljanju podataka u sklopu monitoringa implementacije projekta.

5. STVARNE POTEŠKOĆE

Stvarne poteškoće s kojima smo se susretali prilikom izrade opisanih dokumenata mogu se podijeliti u 3 skupine:

1. Neiskustvo konsultanta
 2. Nepovjerenje stanovništva
 3. Jezična barjera odn. nedostatak odgovarajuće terminologije na jezicima Bosne i Hercegovine
-
1. S obzirom da se radi o relativno novom zahtjevu kreditora, neiskustvo konsultanta u kreiranju dokumenta koji se bave socijalnim pitanjima ne predstavlja iznenađenje. Konsultant se za vrlo kratko vrijeme morao prilagoditi novom načinu rada te dati vrlo egzaktno podatke do kojih je bilo gotovo nemoguće doći zbog, u to vrijeme, neobjavljenih podataka o popisu stanovništva, kao i zbog loše komunikacije sa agencijama za statistiku. Neophodno je da konsultant sa krajnjom ozbiljnošću od prvog trenutka pristupi radu na dokumentima te da se ne libi prikupljati primarne podatke sa terena od lokalnog stanovništva putem anketa, intervju a ili upitnika. U ponude koje se upućuju za usluge izrade opisanih dokumenata mora biti uključen i rad na terenu, te prikupljanje primarnih podataka.
 2. "O tom projektu se godinama priča, a nikako da radovi počnu.", je bila najčešća reakcija lokalnog stanovništva na pokušaje razgovora o projektima u njihovim zajednicama. Bilo je neophodno uvjeriti lokalnu zajednicu u ozbiljnost projekta i njegovu implementaciju da bi se građani odazvali na javne rasprave, intervju e i fokus grupe, te da bi se od njih dobile neophodne povratne informacije kao i dragocjena mišljenja i pritužbe na koje bi se moglo pravovremeno reagovati. Nakon što bi se uvjerali u vjerodostojnost projekta lokalna zajednica bi u pravilu pozitivno reagovala i bila vrlo kooperativna i raspoložena za saradnju.
 3. Nedostatak odgovarajućeg termina za, na primjer, izraz "Involuntary Resettlement" izazvao je zabunu kod mnogih, kako običnih građana, tako i službenika u institucijama lokalne zajednice. Izraz je naime, u nedostatku standardizovane terminologije preveden kao "nedobrovoljno preseljenje", što asocira na fizičko preseljenje kojeg je u ovom programu, s obzirom na broj projekata, malo. Termin nedobrovoljno

preseljenje ima negativnu konotaciju, te je kod lokalnog stanovništva izazvao negativne reakcije. Moralo se pristupiti pojašnjenju termina.

“Mehanizam za žalbe” je još jedan termin koji je izazvao negativne reakcije kod dijela stanovništva.

“Žalba” je naime termin za pravni lijek za koji su zaduženi predmetni upravni organi. Termin je promjenjen u “pritužba” te je tim zabuna izbjegnuta.

Iskustvo pokazuje da bi standardizovana terminologija umnogome ublažila i riješila nesporazume sa lokalnom zajednicom.

6. MOGUĆE POTEŠKOĆE U BUDUĆNOSTI TE KAKO IH IZBJEĆI (NAUČENE LEKCIJE)

Iskustvo stečeno u radu na opisanom setu dokumenta omogućuje predikciju problema u implementaciji Akcionog plana preseljenja.

Naime, domaća legislative, premda je matricom prava, odnosno samim dokumentom usklađena sa legislativama kreditora, u ovom slučaju Svjetske banke, u pojedinim stavkama neće biti primjenjiva.

Potpisani Ugovor o kreditiranju ima snagu bilateralnog sporazuma te je u ovom slučaju zakonski snažniji od predmetne domaće legislative. Prema tome pri kompenzacijama će se primjenjivati odredbe iz Akcionog plana preseljenja, poglavlje Matrica prava. Po dosadašnjem iskustvu učesnicima u eksproprijaciji će se biti teško prilagoditi na ovu promjenu. Zbog toga je neophodna edukacija, prvenstveno službenika u službama za eksproprijaciju pri lokalnim općinama. Također neophodno je iznijeti zajednički stav svih predstavnika involviranih institucija o ovom problemu koji bi mogao kočiti, ionako komplikovan, proces eksproprijacije.

S obzirom da je JP Ceste FBiH odgovorno za implementaciju većine mjera ublažavanja negativnih utjecaja i naglašavanja pozitivnih utjecaja, morat će, uz iskustvo stečeno na samoj izradi opisanog seta dokumenata, da na najbolji način iznese preuzetu obavezu.

Potrebno je u svakom trenutku držati sve pod kontrolom te reagovati pravovremeno ukoliko se primjeti da zaduženi za prikupljanje podataka o indikatorima prilikom monitoringa, ne rade pravovremeno i egzaktno posao za koji su odgovorni.

Potrebno je voditi se principima o angažmanu građana, dobivanja povratnih informacija od građana, pitanju spola, te vođenju centralnog dnevnika za pritužbe pristupiti pažljivo i egzaktno.

Treba vršiti stalnu interakciju sa lokalnim stanovništvom te prilikom komunikacije sa istim detaljno objasniti sve pojmove i termine koji bi se mogli krivo razumjeti. Treba steći i održati povjerenje lokalne zajednice u smislu institucija lokalne zajednice ali i mještana i građana pogođenih područja.

7. ZAKLJUČAK

Izrada opisanog seta dokumenata koji predstavljaju zaštitne mehanizme prema politikama kreditora u ovom slučaju Svjetske banke predstavlja neophodnu kariku u procesu pripreme za pregovore o kreditiranju. Upravljanje socijalnim aspektima neminovnih utjecaja projekta na okoliš izuzetno je važno jer nam omogućava bolju kontrolu sveobuhvatne situacije i pravovremeno reagovanje ukoliko dođe do potencijalnih problema. Javno preduzeće Ceste Federacije steklo je dragocjeno iskustvo pri pripremi ovih dokumenata.

Selma Ljubijankić, dipl.ing. arh.
Javno preduzeće Ceste Federacije Bosne i Hercegovine,
Terezija 54, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
selma.ljubijankic@jpcfbih.ba

Literatura

- DOKUMENTI:

- [1] Akcijski plan preseljenja za dionicu Neum-Stolac, Enova d.o.o., mart 2016
- [2] Revizija i pregled preseljenja, Enova d.o.o., mart 2016
- [3] Ažurirana studija utjecaja na okoliš i procjena utjecaja na socijalne aspekte za dionicu Neum-Stolac, Ecoplan d.o.o., mart 2016
- [4] Okvir politike preseljenja, Enova d.o.o., mart 2016

- PREZENTACIJE I RADIONICE:

- [5] Carmen Malena, Radionica Svjetske Banke: "Operational Learning Series on Mainstreaming Citizen Engagement: Koncept & Praksa Građanskog Angažmana", Sarajevo, April 2017
- [6] Sandra Kdolsky, Radionica Svjetske Banke: "Operational Learning Series on Mainstreaming Citizen Engagement: Mainstreaming Citizen Engagement in ECA", Sarajevo, April 2017
- [7] Ifeta Smajić, Eva Rossi, Radionica Svjetske banke: "Citizen Engagement & Gender", , Sarajevo, Oktobar 2015
- [8] Eva Rossi, Radionica Svjetske banke: "Social Impact Assessment & Involuntary Resettlement Policy and Planing Instruments; Practitioner trainings", Sarajevo, Oktobar 2015

- INTERNET:

- [9] World Bank staff (2013), Operational Manual, OP 4.12-Involuntary resettlement, dostupno na: <https://policies.worldbank.org/sites/ppf3/PPFDocuments/090224b0822f89db.pdf> (30.6.2017)

PRAĆENJE STANJA - ZAŠTO, KAKO, KOLIKO?

Prof. dr Igor Jakanović, dipl.građ.inž.

*Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Subotica, Republika Srbija,
jakanovici@gf.uns.ac.rs*

Rezime: *Postupak analize uticaja na životnu sredinu se ne završava donošenjem konačne odluke, u slučaju puteva donošenjem odobrenja za građenje, odnosno upotrebu, već se nastavlja i u toku izgradnje i eksploatacije puta, omogućavajući povratnu informaciju u pogledu kvaliteta donete odluke, kao i sticanje iskustava radi realnijeg vrednovanja pojedinih faktora. Tokom praćenja stanja razlikuju se monitoring, nadzor i kontrola ili revizija. Aktivnosti u kasnijim fazama životnog ciklusa su ustvari i aktivnosti koje se najčešće zanemaruju, što prouzrokuje nepoznavanje stvarnih uticaja nekog putnog projekta ili čitave putne mreže na životnu sredinu i nemogućnost stvaranja baze za nova istraživanja i analize povezane sa uticajima na životnu sredinu.*

Ključne reči: *praćenje stanja, osnove, projekat, mreža, sistem*

ENVIRONMENTAL MONITORING - WHY, HOW, HOW MUCH?

Prof. Igor Jakanović, Civil Eng., Ph.D.

*University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica, Subotica, Republic of Serbia,
jakanovici@gf.uns.ac.rs*

Abstract: *Process of environmental impact assessment does not end with the adoption of a final decision, which is in the case of roads issue of construction or usage permit, but continues also during the construction and operation of the road, allowing feedback regarding the quality of decisions made, as well as gaining experience in order to have more realistic evaluation of certain factors. During environmental monitoring it is possible to differentiate between monitoring, supervision and control or audit. Activities in the later stages of the life cycle are actually the activities that are often neglected, causing ignorance of the actual impact of a road project or of the whole road network on the environment and the inability to create a base for new research and analysis related to environmental impacts.*

Keywords: *monitoring, basis, project, network, system*

1. UVOD

Analiza uticaja na životnu sredinu se uobičajeno definiše kao proces identifikacije, predviđanja, procenjivanja i ublažavanja bio-fizičkih, društvenih i drugih bitnih uticaja predloženih projekata pre donošenja odluka i obavezivanja za realizaciju projekata, i kao takva predstavlja važnu alatku u upravljanju zaštitom životne sredine tokom pojedinih faza životnog ciklusa projekata, kao i u osiguranju održivosti istih.

Ciljevi provođenja analize uticaja na životnu sredinu obuhvataju:

- osiguranje da se životna sredina ravnopravno i konkretno razmatra i uključi u životni ciklus projekta;
- predviđanje i izbegavanje, odnosno ublažavanje nepovoljnih uticaja predloženih projekata;
- zaštitu produktivnosti i kapaciteta prirodnih sistema i ekoloških procesa koji održavaju njihovu funkciju;
- identifikaciju i poboljšanje mogućih pozitivnih uticaja projekta;
- promociju razvoja koji je izgrađen na principima održivosti i optimizaciju korišćenja resursa i mogućnosti upravljanja.

Proces analize životne sredine i njene zaštite, odnosno unapređenja ukoliko je to izvodljivo, mora biti komparativan sa životnim ciklusom puta u svim fazama, sa jasnom hijerarhijskom strukturom i utvrđenim redosledom međusobne razmene podataka. Stavovi i zaključci jednog procesa moraju nalaziti svoju interpretaciju u drugom procesu. Osnovni principi koje je potrebno poštovati prilikom istraživanja problematike životne sredine su prikazani u Tabeli 1.

Međutim, postupak analize uticaja na životnu sredinu se ne završava donošenjem konačne odluke (u slučaju puteva izdavanjem građevinske, odnosno upotrebne dozvole), već se nastavlja i u toku izgradnje i eksploatacije istih, omogućavajući povratnu informaciju u pogledu kvaliteta donete odluke, kao i sticanje iskustava radi realnijeg vrednovanja pojedinih faktora.

Tabela 1. Osnovni principi istraživanja uticaja na životnu sredinu

princip	definicija
kompatibilnost	rezultati i informacije se moraju međusobno iskoristiti
usklađenost nivoa analize	sve analize i zaključci moraju biti na istom nivou detaljnosti pošto su jedino takvi merodavni za donošenje dokumentovanih odluka i mogu predstavljati polaznu osnovu za dalje korake
hijerarhijska usklađenost	svi izvedeni zaključci iz prethodne faze predstavljaju obavezu i polaznu osnovu svakog narednog koraka
sukcesivna razmena podataka	rezultati jednog procesa predstavljaju ulazne podatke drugog i obrnuto, pri čemu redosled prati logiku analize i međusobne uticaje
pravovremenost	započeti proces što ranije u toku životnog ciklusa i odgovarajuće analize provoditi prema dinamici i u skladu sa ostalim proučavanjima
sveobuhvatnost	obraditi sve relevantne uticaje na okolinu, društvo i zdravlje jedinki i grupa

U osnovi, analiza uticaja predstavlja iterativan proces procenjivanja, praćenja stanja i odlučivanja, a ne tehniku, za šta se često smatra, i služi kao upravljačka alatka za podršku donošenju odluka. Dakle, potrebno je pratiti i analizirati različite aspekte uticaja i parametre, odnosno pokazatelje stanja životne sredine i u toku kasnijih faza životnog ciklusa kako bi se odgovarajućim aktivnostima sprečili neželjeni uticaji ili, u krajnjem slučaju, u pravovremenom trenutku moglo reagovati na eventualno ugrožavanje životne sredine.

Dodatno, tokom poslednjih 10-12 godina, upravljanje učinkom je postalo jedno od glavnih opredeljenja (poslovna praksa) državnih službi u razvijenom svetu gde je merenje učinka u ispunjavanju ciljeva postalo osnova za povezivanje organizaciono-strateških ciljeva (bezbednost, pristup, mobilnost, ekonomski prosperitet) sa odlukama koje se donose u vezi sa raspoloživim osobljem i sredstvima i njihovim iskorišćenjem na najbolji način da bi se dobili željeni rezultati [1]. U tom smislu se i merenje rezultata, odnosno pokazatelja stanja životne sredine svrstava u jednu od mera za ocenu učinka. Međutim za razliku od drugih oblasti delovanja agencija za puteve ili nadležnih ministarstava, životna sredina je kompleksna i višeznačna tema kod koje se učinak ne može jednostavno obuhvatiti prostom metrikom, odnosno jednom vrednošću.

2. OBLICI I FAZE PRAĆENJA STANJA ŽIVOTNE SREDINE

Tokom praćenja stanja životne sredine treba razlikovati monitoring, nadzor i kontrolu ili reviziju. Monitoring podrazumeva praćenje pojava u okruženju, uzimanje uzoraka, merenja/ispitivanja i analizu podataka i rezultata da bi se utvrdile promene u kvalitetu životne sredine koje se mogu povezati sa projektom u realizaciji i/ili eksploataciji. Pri tome je potrebno oceniti dobijene rezultate, uporediti ih sa propisanim vrednostima i utvrditi razloge prekoračenja i/ili ekstremnih vrednosti. U praksi se najčešće samo monitoring smatra praćenjem stanja što se ne može smatrati tačnim, posebno imajući u vidu da monitoring može biti deo nadzora, a svakako predstavlja sastavni deo revizije.

Za razliku od toga, putem nadzora se omogućava kontrola aktivnosti i njihovo usmeravanje radi postizanja postavljenih ciljeva, kako kvaliteta i količine izvedenih radova, tako i sprečavanja ili ublažavanja uticaja na životnu sredinu u toku izvršenja radova i eksploatacije. Pojednostavljeno, to znači da treba oceniti u kom stepenu su pripremljene i kako se realizuju predviđene mere, i u kom stepenu se poštuju propisani postupci, prema sledećem:

- da li postoji važeća ekološka dozvola;
- da li je pripremljen plan upravljanja zaštitom životne sredine, sa planom praćenja stanja;
- da li se aktivnosti preduzimaju kako je definisano i planirano;
- da li se izveštaji pripremaju u odgovarajućoj formi i dostavljaju;
- da li se tehničke mere zaštite izvode prema definisanim tehničkim uslovima i dinamicima;
- da li se uzorkovanja i ispitivanja provode kako je propisano;
- da li se rezultati ispitivanja uzoraka nalaze u propisanim granicama, i zašto odstupaju (ako dođe do toga);
- da li se uočene neusklađenosti ispravljaju, ...

Revizija se provodi sistematski i od strane nezavisnih revizora ili kontrolora, a u cilju provere da li provedene aktivnosti i njihovi rezultati odgovaraju postavljenim ciljevima. Monitoring obavezno predstavlja deo revizije. Revizija se najčešće obavlja samo tokom eksploatacije i održavanja saobraćajnica (ako se uopšte obavlja).

Praćenje stanja životne sredine se može, i po pravilu se odvija u dve faze tokom životnog ciklusa puta.

Prva faza u kojoj se javlja potreba za provođenjem praćenja stanja životne sredine je izgradnja puta i pratećih sadržaja. U toku građenja se prate aktivnosti izvođača, određenim merenjima i ispitivanjima se utvrđuje da li on postupa u skladu sa planom upravljanja zaštitom životne sredine i daju odgovarajuće preporuke. Monitoring životne sredine se obavlja u cilju utvrđivanja do koje mere građevinski radovi mogu negativno uticati na stanje životne sredine. U fazi građenja veliki deo problema u vezi sa uticajima na životnu sredinu se može uspešno rešiti kvalitativnim praćenjem aktivnosti i kontrolom poštovanja odgovarajućih procedura pri radu.

Treba naglasiti da dobra praksa investitora i nadzora podrazumeva da izvođač neće biti u mogućnosti da izvodi bilo kakve radove ukoliko ne izradi i ne obaveže se na primenu plana upravljanja zaštitom životne sredine, koji proizilazi iz ugovornih obaveza i oslanja se na plan koji je nastao iz odgovarajućih analiza investitora ili njegovih saradnika. Monitoring u svakom slučaju treba prilagoditi vrsti predviđenih radova jer nije u potpunosti jednako da li se radi o novogradnji ili o radovima na već postojećim putevima (održavanje, rehabilitacija, rekonstrukcija) [2]. Za postojeće puteve je dobro skoncentrisati se na monitoring manjeg broja relevantnih parametara koji mogu ukazati i na eventualno veće ugrožavanje životne sredine, a po potrebi, odnosno u slučaju incidenata, preduzeti obimnija ispitivanja.

Potreba snimanja i praćenja uticaja u fazi eksploatacije i održavanja proističe iz sledećih razloga:

- kontrola provedenih obaveza iz procene uticaja na životnu sredinu za izgrađen put;
- provera korišćene metodologije;
- prikupljanje podataka i praćenje uticaja na životnu sredinu postojeće putne mreže (ali je moguće generalizovati i na kompletnu saobraćajnu mrežu) za duži vremenski period.

U situacijama kada se radi o vrlo osetljivim područjima ili posebno izraženim uticajima, može biti značajno stalno praćenje stanja i eventualnih promena u životnoj sredini, kao i efikasnosti urađenih zaštitnih konstrukcija. U tom smislu su neophodne posebne procedure praćenja stanja, odnosno monitoringa merodavnih podataka. Ovakve procedure mogu imati i širi značaj uključivanjem u posebne informativne sisteme i baze podataka za zaštitu životne sredine. Svi ovi zahtevi moraju biti obrađeni u okviru posebne dokumentacije koja bi definisala specifične načine i učestalost monitoringa.

Monitoring ne obuhvata samo praćenje usvojene i izvedene varijante puta, već i prikupljanje podataka i praćenje uticaja na životnu sredinu celokupne postojeće putne mreže. Ovako shvaćen monitoring omogućava sagledavanje tzv. „nultog stanja“, odnosno formiranja referentne baze u odnosu na koju se mogu posmatrati svi efekti intervencija na mreži (novogradnja, rehabilitacija, rekonstrukcija) po životnu sredinu, te sagledati potrebe za detaljnijim analizama izvora ugrožavanja životne sredine i definisanjem posebnih mera zaštite. Treba istaći i značaj koji ovakva baza podataka ima u sagledavanju mehanizama i intenziteta uticaja puta na životnu sredinu čime se formira i polazna osnova za razvoj različitih numeričkih modela procene uticaja. Formiranje mreže mernih stanica na pojedinim karakterističnim tačkama postojećih puteva određenog regiona ili države imalo bi, bez sumnje, suštinski značaj u daljem usavršavanju metoda i postupaka analize uticaja na životnu sredinu, kao i prilikom donošenja odluka za duži vremenski period. Ove merne stanice bi trebalo da poseduju opremu za merenje osnovnih uticaja koji nastaju kao posledica odvijanja saobraćaja na putevima, i to: buka, aero zagađenje, vibracije, zagađenje voda i tla, dok bi utvrđivanje ostalih uticaja trebalo da se odvija kroz posebne studije i istraživanja, s obzirom da su to uticaji koje nije moguće jednostavno i kontinualno meriti.

Prema prethodno navedenom, moguće je formulisati aktivnosti koje se odvijaju u toku procesa upravljanja zaštitom životne sredine, a vrlo jednostavno se iste mogu povezati sa pojedinim fazama životnog ciklusa puta (Tabela 2). Projektno orijentisan proces upravljanja je uglavnom karakterističan za novogradnju i pojedinačne projekte rekonstrukcije ili rehabilitacije, dok je sistemski način karakterističan za puteve, odnosno putnu mrežu u eksploataciji, odnosno pod režimom redovnog održavanja.

3. REGULATORNE OSNOVE

Kontinualna kontrola i praćenje stanja životne sredine je obaveza definisana Zakonom o zaštiti životne sredine [3] s tim što bi Republika Srbija, autonomna pokrajina i jedinica lokalne samouprave trebalo da obezbede kontinualnu kontrolu i praćenje stanja životne sredine u okviru svojih nadležnosti, i za to obezbeđuju odgovarajući program i sredstva (član 69). S druge strane, članom 72. se definiše da je operater postrojenja, odnosno kompleksa koje predstavlja izvor emisija i zagađivanja životne sredine dužan da

obavlja monitoring na osnovu plana i sopstvenih sredstava, čime se donekle stupa u kontradiktoran odnos sa prethodno navedenim sadržajem člana 69. Dodatno, Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu [4] i Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu [5] propisuju pripremu plana praćenja uticaja na životnu sredinu, a sve je to dopunjeno različitim pravilnicima, uredbama, uputstvima, priručnicima koji definišu:

Tabela 2. Proces upravljanja zaštitom životne sredine i pozicija aktivnosti praćenja stanja

projektno orijentisan		sistemski orijentisan	
aktivnost	opis	aktivnost	opis
identifikacija/opseg	utvrđivanje potencijalnih problema i vrste i nivoa potrebnih procena	praćenje stanja i kontrola/revizija	utvrđivanje stanja životne sredine za projekte u eksploataciji ili infrastrukturne sisteme
procena	potvrđivanje i ocena važnosti i veličine problema/uticaja, prihvatljiva odstupanja	identifikacija/opseg	utvrđivanje problema i vrste i nivoa potrebnih procena
ublažavanje uticaja	identifikacija mera za sprečavanje/smanjenje/ kompenzaciju negativnih uticaja i očekivanih rezultata	procena	ocena važnosti i veličine problema/uticaja, prihvatljiva odstupanja
nadzor	kontrola izvršavanja radova i provedenih aktivnosti ublažavanja i praćenja stanja	ublažavanje uticaja	identifikacija političko-strateških i projektnih (korektivnih) mera za sprečavanje/smanjenje/ kompenzaciju negativnih uticaja i očekivanih rezultata
praćenje stanja	verifikacija da li su mere sprečavanja/ublažavanja uticaja primenjene i da li daju očekivane rezultate	nadzor	kontrola izvršavanja radova i provedenih aktivnosti ublažavanja i praćenja stanja
prelazak na sistemski orijentisan proces →		praćenje stanja	verifikacija da li su mere sprečavanja/ublažavanja uticaja primenjene i da li daju očekivane rezultate

- način i postupke uzorkovanja i merenja/ispitivanja različitih aspekata (buka, voda, vazduh, tlo, ...);
- parametre koji se mere/ispituju;
- način izbora lokacija za uzorkovanje (privremena ili stalna merna mesta);
- učestalost i periode uzorkovanja i merenja/ispitivanja;
- granične vrednosti emisija i kvaliteta;
- način izveštavanja,

ali ne podjednako za sve oblasti i za sve parametre, a naročito ne pravila i postupke u vezi sa nadzorom i revizijom.

U tom smislu domaća regulativa predstavlja relativno dobru osnovu za praćenje stanja, međutim postoje i određena ograničenja. Naime, praćenje stanja je ograničeno samo na izvor (količina emisije) i recipijent (nivo zagađenja). Ne postoji obaveza praćenja aktivnosti, a fokus je najčešće samo na fazi izgradnje. U toku eksploatacije se uglavnom prate postrojenja za koja je sasvim jasno da emituju zagađujuće materije, dok se putevi, i saobraćajnice uopšte, nalaze u, može se reći, „sivoj zoni“. Značajno je istaći da ne postoji propisana priprema dokumenta koji bi bio ekvivalentan planu upravljanja zaštitom životne sredine već se to radi više kao element dobre prakse prateći zahteve međunarodnih finansijskih institucija.

4. INSTITUCIONALNA ODGOVORNOST

U svakom slučaju, a prema principima najbolje prakse, praćenje stanja životne sredine je obaveza investitora, odnosno u slučaju puteva su to agencije za upravljanje putnom infrastrukturom na odgovarajućem nivou (državnom, regionalnom, lokalnom). U zavisnosti od unutrašnje organizacije i veličine infrastrukture koja se nalazi u nadležnosti određene agencije, mogu postojati dva načina organizacije praćenja stanja životne sredine:

- posebna služba unutar agencije za velike uprave i mreže i
- angažovanje spoljnih konsultanata, odnosno preduzeća pri manjim upravama.

Međutim, na nivou države može postojati i agencija za životnu sredinu koja bi, po slovu zakona, trebalo da bude nadležna za realizaciju praćenja stanja životne sredine. U tom slučaju je odgovornost sasvim jasno definisana i upravljačke agencije bi se, uslovno rečeno, mogle osloboditi ove vrste aktivnosti za puteve u

eksploataciji. U svetlu posebnih kvalifikacija i potrebnih ekspertiza upravo su agencije za životnu sredinu idealne kao nezavisna strana za provođenje monitoringa i revizije, iako se u slučaju nerazvijenih ili zemalja u razvoju to može transformisati u potpunu suprotnost, pa ovakve agencije obično predstavljaju samo još jednu kariku u nizu regulatornih tela koje različite agencije za upravljanje putevima ili bilo kojom drugom infrastrukturom moraju poštovati. Samim tim se uloga agencija za životnu sredinu svodi na prostu formalnu obavezu. S druge strane, veoma često se može postaviti i pitanje kvalifikacija i nivoa stručnosti osoblja zaposlenog u agencijama za životnu sredinu u nerazvijenim ili zemljama u razvoju. Posebno se to odnosi na poznavanje međuzavisnosti puta i životne sredine jer se životnom sredinom, njenim stanjem i pokazateljima uglavnom bave stručnjaci različitih profila koji ne poznaju specifičnosti putne tehnike, tehnologije i saobraćaja, te tako i ne poseduju osnovna znanja o vrstama aktivnosti na putevima ili npr. o razlikama u kategorijama puteva i odgovarajućem saobraćajnom opterećenju.

Takođe, treba naglasiti i da se kroz redovne, i dobro poznate, aktivnosti nadzora nad kvalitetom i kvantitetom radova provode određene radnje koje se tiču praćenja stanja životne sredine. Ove radnje obuhvataju npr. kontrolu transporta materijala, radnog vremena, regulacije saobraćaja, sistema za odvodnjavanje i sl. Veoma čest slučaj je da ni nadzor, ni izvođač ne mogu prepoznati da se odgovarajuće aktivnosti već provode poštujući tehničke uslove i standardne procedure izvođenja radova i na taj način dolazi do značajnih nesuglasica i sporenja sa investitorom. Usled toga je potrebno konstantno provoditi obučavanje svih strana koje su uključene u putni sektor, i to kroz čitav životni ciklus.

5. PLAN PRAĆENJA STANJA I IZVEŠTAVANJE

Planom praćenja stanja se utvrđuju aktivnosti koje će se obavljati na terenu i precizira njihova dinamika, kao i način obrade i prikaza odgovarajućih rezultata. Prvenstveni zadatak koji se rešava planom praćenja stanja je utvrđivanje svih aktivnosti i parametara čije je praćenje neophodno. Uz to, ovaj deo mora da razradi kompletan program monitoringa, odnosno lokacije i frekvencije osmatranja, uzrokovanja za ispitivanje kvaliteta vode, vazduha, tla, nivoa buke i drugih aspekata životne sredine koji mogu da budu ugroženi izvođenjem radova ili aktivnostima tokom eksploatacije puteva. Lokacije i dinamika uzrokovanja su često dati već kroz procenu uticaja, ali za pojedine pokazatelje postoje i regulatorno definisani načini izbora lokacije, odnosno dinamike. Ovi elementi su prvenstveno povezani sa karakteristikama područja kroz koje put prolazi (naselja, ruralne oblasti, poljoprivredno zemljište, industrijske zone, planinske oblast i dr). U većini slučajeva se parametri utvrđuju na kritičnim lokacijama, dok se kod dinamike mogu pojaviti tri slučaja, i to: najčešće mesečno, najmanje jednom polugodišnje ili u slučaju da se uoči neki poremećaj u stanju životne sredine. Značajno je istaći da je nemoguće napraviti univerzalan plan koji bi odgovarao svim lokacijama, važio za različite kategorije i karakteristike puteva i za sve uslove odvijanja saobraćaja ili izvođenja radova.

Praćenje stanja životne sredine košta, te se u svakom slučaju postavlja zahtev optimizacije troškova. U tom smislu je najbolje obaviti analizu troškova i koristi ili kompromisnu analizu, i to u ranoj fazi realizacije projekta ili momentalno po formulisanju ideje o eventualnom sistemskom praćenju stanja na nivou mreže ili njenog dela. Tada se mora obratiti pažnja na suštinske elemente bez ulaženja u zone prevelikih, neracionalnih ili nedovoljnih zahteva, odnosno postavljati nedovoljno jasne formulacije (Slika 1). Ovakve granične situacije predstavljaju idealne uslove za blokadu projekta. U narednim tabelama su prikazane i određene preporuke u vezi sa pripremom planova praćenja stanja (Tabela 3) i izborom pokazatelja stanja (Tabela 4) u odnosu na vrstu radova.



Slika 1. Suština plana praćenja stanja

Tabela 3. Preporuke za pripremu i provođenje plana praćenja stanja u odnosu na vrstu radova

vrsta projekta	preporuke
novogradnja, rehabilitacija, rekonstrukcija	<ul style="list-style-type: none"> - obavezno praćenje svih aktivnosti koje bi mogle dovesti do rizika i/ili ugrožavanja životne sredine - obavezan monitoring bitnih pokazatelja stanja - osmatranjima i merenjima/ispitivanjima se utvrđuje da li izvođač postupa u skladu sa planom upravljanja aktivnostima i da li bitni pokazatelji zadovoljavaju propisane granične vrednosti - lokacije uzorkovanja (i u određenoj meri frekvencija) se mogu menjati zavisno od dinamike izvršenja radova, naročito u slučaju rehabilitacije ili rekonstrukcije - davanje odgovarajućih preporuka - veliki deo problema se može rešiti kvalitativnim praćenjem aktivnosti i kontrolom poštovanja procedura pri radu i tehničkih uslova za izvođenje radova
redovno održavanje (i eksploatacija)	<ul style="list-style-type: none"> - obavezno praćenje svih aktivnosti koje bi mogle dovesti do rizika i/ili ugrožavanja životne sredine - nije potreban kontinualan monitoring pokazatelja stanja po određenom programu - po pravilu, dovoljno je obaviti uzorkovanje i ispitivanje samo u slučaju sumnje da je došlo do narušavanja stanja - ograničiti se samo na relevantne parametre - kontrola provedenih obaveza iz procene uticaja za izgrađene saobraćajnice i provera korišćene metodologije - prikupljanje podataka i praćenje uticaja na životnu sredinu postojeće putne mreže za duži vremenski period - dosta aktivnosti se može realizovati kroz rad nadzora na izvođenju radova održavanja - za vrlo osetljive predele ili posebno izražene uticaje može biti od interesa stalno praćenje promena u životnoj sredini

Tabela 4. Preporuke za izbor pokazatelja stanja u odnosu na vrstu radova

vrsta projekta	pokazatelji
novogradnja, rekonstrukcija	<ul style="list-style-type: none"> - kvalitet vazduha (O₂, CO_x, NO_x, SO₂, C_xH_y, PM_p, Pb, čvrste čestice, živa, teški metali, pravac i brzina vetra, pritisak vazduha, temperatura, relativna vlažnost) - ispuštanje otpadnih voda (teški metali, masti, ulja, organske supstance, amonijak, fluoridi, sadržaj Na⁺, K⁺ i NO₃⁺ jona, pH vrednost, provodljivost) - kvalitet površinskih voda (provodljivost, temperatura, boja, miris, zamućenost, pH vrednost) - kvalitet tla (koncentracija teških metala, masti i ulja, organske supstance, pH vrednost) - biljni i životinjski svet (raznovrsnost i brojnost populacije, putanje kretanja) - nivo buke
rehabilitacija	<ul style="list-style-type: none"> - kvalitet vazduha (CO_x, NO_x, SO₂, PM_p, čvrste čestice, teški metali, pravac i brzina vetra, pritisak vazduha, temperatura, relativna vlažnost) - ispuštanje otpadnih voda (teški metali, ulja, masti) - kvalitet površinskih voda (temperatura, boja, miris, zamućenost, pH vrednost) - kvalitet tla (teški metali, masti, ulja) - nivo buke
redovno održavanje	- uzorkovanja i analize samo u slučaju incidenata ili žalbi, i za konkretne aspekte uticaja
eksploatacija	<ul style="list-style-type: none"> - eventualno sistemsko uređenje registracije pokazatelja stanja - regulatorna obaveza (?)

Delovi plana koji se bave monitoringom obavezno moraju obraditi utvrđivanje nultog ili početnog stanja (pre početka radova, odnosno prilikom puštanja nove deonice u eksploataciju ili na početku praćenja stanja za postojeće deonice) i za period tokom izvođenja radova, odnosno kasnije za period eksploatacije. Takođe, mora biti data i lista metoda (uglavnom definisane standardima) i opreme koja će se koristiti za uzorkovanje i merenje, kao i odgovorno osoblje za realizaciju. Imajući u vidu da su aktivnosti po pitanju monitoringa u većini zemalja regulatorno definisane, te da ista mogu provoditi samo preduzeća sa posebnim dozvolama, odnosno licencama, u većini slučajeva kao odgovorni subjekt treba definisati pravno lice. Monitoring mora biti usklađen sa preporukama iz procene uticaja na životnu sredinu i ekološke dozvole. Procena uticaja, te na osnovu nje i ekološka dozvola, treba da utvrde koji su to parametri, kao i samu količinu i frekvenciju uzorkovanja, tako da izvođač i stručni nadzor jednostavno primene definisane aktivnosti. Najveći problem nastaje kada upravo ova dva pomenuta dokumenta ostanu „nema“ u vezi sa obavezama monitoringa, iako je to obavezno po regulatornim osnovama, ili čak prikazuju kontradiktorne zahteve.

Postojeća praksa kod novogradnje [6, 7] ukazuje na činjenicu da se tehnička dokumentacija, pa samim tim i procena uticaja na životnu sredinu, priprema za duže poteze novih deonica, a da se ugovori za radove

sklapaju na manjim odsecima (npr. potezi od 50-100 km se najčešće dele na 5-6 odseka koji mogu biti različitih karakteristika), kako bi se najčešće pružila šansa za dobijanje posla domaćim izvođačima, a uz to i eventualno izdvojili odseci sličnih karakteristika. Prvenstveni zadatak izvođača nakon dodele posla je prilagođavanje plana upravljanja zaštitom, samim tim i plana praćenja stanja, iz prethodne faze konkretnim karakteristikama deonice za koju je potpisao ugovor. Pri tome je neophodno da se uloži određen napor za pregled procene uticaja, zahteva iz ekološke dozvole i obilazak terena, uz moguće utvrđivanje pojedinih detalja koji nisu razmotreni ranije. Dakle, priprema se specifičan plan prilagođen konkretnoj deonici, sa svim detaljima koji odlikuju taj predeo i konkretnog izvođača.

Problem na koji često nailaze izvođači je neusklađenost zahteva koji su postavljeni u proceni uticaja, planu upravljanja iz tenderske/konkursne dokumentacije i zahteva iz ekološke dozvole [6, 7]. U tom slučaju, izvođači najčešće pribegavaju jednostavnijoj varijanti za njih, bez obzira u kom dokumentu je izneta. Međutim, mora se imati u vidu da ekološka dozvola, kao regulatorni dokument, uvek ima prvenstvo nad ostalim dokumentima, te je to minimum koji se mora ispuniti. Osim toga, dodatni otežavajući momenat može da predstavlja i činjenica da ugovorna dokumenta eksplicitno ne navode obavezu pripreme i izvršenje monitoringa tako da investitor mora posedovati odgovarajući kapacitet kako bi korektno spremio dokumentaciju.

Dobra praksa ukazuje da bi investitor trebalo da pripremi plan praćenja stanja unapred, i to u najmanjoj meri kao generički po vrstama radova (novogradnja - održavanje - rekonstrukcija - rehabilitacija) i uključi ga kao prilog tenderske/konkursne dokumentacije za izbor izvođača radova. Ali, treba znati da se plan može menjati tokom trajanja radova/ugovora, zavisno od situacije i rezultata. Lokacije uzorkovanja se mogu menjati zavisno od napredovanja radova, naročito u slučaju periodičnog održavanja, rehabilitacije ili rekonstrukcije, a istovremeno se frekvencija utvrđivanje određenih parametara može smanjivati ili povećavati u odnosu na specifičnu situaciju (ujednačenost rezultata ili incidenti).

Osim toga, treba naglasiti da nadzor i monitoring podrazumevaju mnogo šire aktivnosti nego što je to jednostavno osmatranje, merenje i kontrola na terenu, odnosno u laboratoriji. Na osnovu rezultata utvrđenih vizuelnim osmatranjima ili merenjima, i njihove analize, moguće je ostvariti poboljšanja u upravljanju projektima, i to:

- kod dinamičkog planiranja izvršavanja pojedinih aktivnosti,
- kao sistem ranog upozoravanja da se pojedine aktivnosti ne odvijaju kako je to predviđeno sa mogućnošću pravovremene intervencije i
- kao pomoć za utvrđivanje odgovornosti kod pojave negativnih uticaja ili incidenata, ako se tokom redovnog monitoringa utvrđuju izvori uticaja, putanje rasprostiranja i destinacije.

5.1. Primena plana praćenja stanja

Primena plana upravljanja zaštitom životne sredine, pa samim tim i dela plana praćenja stanja koji se odnosi na merenja i ispitivanja, je prvenstvena odgovornost izvođača, uz konstantno praćenje i vrednovanje izvršenja od strane nadzora. U ovom slučaju se može pojaviti problem nepoštovanja definisanog obima monitoringa. Poznato je da u današnje vreme izvođači ugovaraju radove po veoma niskim cenama, te na sve moguće načine pokušavaju da izbegnu praćenje stanja životne sredine. Takođe, u želji da što pre počnu sa realizacijom radova, „zaborave” na potrebu utvrđivanja nultog stanja koje je veoma bitno za kasnije praćenje realizacije usklađenosti sa zahtevima, odnosno definisanje da li je izvođač prouzrokovao eventualnu štetu ili je zagađenje već postojalo pre izvođenja radova. U određenim slučajevima se može iskoristiti utvrđivanje nultog stanja iz procene uticaja na životnu sredinu, ali samo ako od izrade studije nije prošlo previše vremena (npr. više od 18 ili 24 meseca) tokom kojeg je moglo doći do promene uslova i utvrđenih vrednosti, ili ako je u okruženju usled određene pojave ili događaja nije došlo do promene istih.

Praćenje stanja pojedinih parametara kvaliteta životne sredine predstavlja ekvivalent kontroli kvaliteta radova (nulto stanje = prethodna ispitivanja, periodična merenja = tekuća kontrola kvaliteta) [6, 7]. U ovom momentu se treba vratiti na plan upravljanja zaštitom koji je bio deo tenderske/konkursne dokumentacije, odnosno na izvođačev plan upravljanja. Ako zahtevi merenja nisu bili jasno iskazani u momentu ugovaranja, veoma teško je obavezati izvođača da obavlja konkretna merenja. Takođe, ako je plan koji je predložio izvođač nakon ugovaranja odobren bez definisanih merenja, skoro da nije moguće kasnije nametnuti te obaveze. U ovom slučaju, presudnu ulogu imaju nadzor i ekološka dozvola. Nadzor je u mogućnosti da koriguje određene nepravilnosti načinjene u prethodnim fazama, ali isključivo kroz pozivanje na ekološku dozvolu.

Kod periodičnog merenja, uzorkovanje i ispitivanje se obavlja u propisanim intervalima ili intervalima definisanim u planu upravljanja zaštitom, a potrebno je redovno porediti rezultate sa nultim stanjem i pratiti trendove. Praćenje trenda je naročito značajno kod eventualno predviđenog postavljanja tehničkih mera zaštite u okviru fazne realizacije. Dodatno, uz aktivnosti periodičnog merenja je obavezno i praćenje/evidentiranje dešavanja u okruženju projekta na ostalim projektima istih ili drugačijih karakteristika, drugim postrojenjima, zatim vremenskih prilika, nepogoda, katastrofa i sl. U zavisnosti od lokalne regulative, obavlja se i redovna kontrola rada postrojenja (npr. kamenoloma, asfaltnih baza, fabrika betona) od strane nadzora u smislu verifikacije redovnosti obavljanja kontrole rada postrojenja i odgovarajuće reakcije ako su utvrđena odstupanja bilo koje vrste. Za samu kontrolu rada su zaduženi vlasnici istih (periodično merenje emisija i izveštavanje nadležnih institucija).

Nadzorni inženjer primarno obavlja proveru usklađenosti aktivnosti, kontrolu dokumentacije (ocena realizacije) i izveštavanje, a u obavljanju svojih dužnosti se rukovodi planom praćenja stanja. U momentu uočavanja neusklađenosti, nadzor izdaje upozorenja i/ili naloge za ispravljanje. Nadzorni inženjer može odrediti kaznu ili privremenu obustavu radova (ili dela radova) ako izvođač ne preduzme akciju, a u slučaju značajne ili ponovljene neusklađenosti i kompletnu obustavu dok se ne postigne potpuna usklađenost. Važno je istaći da u svom timu nadzorni inženjer mora da ima specijalistu sa punim ili povremenim angažmanom zavisno od veličine projekta i rizika po životnu sredinu.

Ispitivanja (uzorkovanje, merenje, analiza rezultata), kao što je već rečeno, najčešće obavlja izvođač, ali na pojedinim projektima, naročito kada se radi o rehabilitaciji ili rekonstrukciji, investitor često razdvaja plan ublažavanja i plan praćenja stanja [6, 7]. Realizacija plana ublažavanja je dodeljena izvođaču, dok nadzor kontroliše primenu istog i istovremeno je zadužen za monitoring. Ovo je veoma pragmatičan i efikasan način da se zadovolje svi zahtevi po pitanju zaštite životne sredine tokom izvođenja radova, ali opet treba naglasiti pravovremeno isticanje tih obaveza za nadzor kroz projektni zadatak. Iako ovaj način postupanja donekle odudara od klasičnog nadzora (inženjera po FIDIC-u), koji ustvari treba da kontroliše dokaze izvođača o kvalitetu i stanju, ipak se smatra da su ovo specifične vrste merenja i da ih je donekle moguće svrstati pod kontrolna ispitivanja, tako da spadaju u domen rada nadzora.

Postojanje nadzornog inženjera ni u kom slučaju ne oslobađa investitora od obaveza i odgovornosti, te u tom smislu mora da nadgleda rad nadzornog inženjera, prenosi rezultate i zaključke praćenja stanja izvođaču, redovno izveštava u skladu sa regulatornim i ugovorenim obavezama. Istovremeno i svom sastavu mora da ima stalno angažovanog specijalistu radi koordinacije i donošenja odluka koji, po pravilu, učestvuje na širokom spektru projekata.

Utvrđivanje nultog stanja za eksploataciju ili početnog stanja se veoma često zahteva kroz ekološku dozvolu, ali čak i ako nije posebno izražen ovaj zahtev treba zadovoljiti kao element dobre prakse investitora u upravljanju aktivnosti. Obavlja se nakon okončanja svih radova, a neposredno pre puštanja u eksploataciju, pri čemu lokacije moraju da se poklapaju sa lokacijama na kojima će se pratiti stanje parametara kvaliteta životne sredine tokom eksploatacije. Na osnovu rezultata se vrši poređenje sa merenjima u budućnosti i praćenje trenda. Utvrđivanje početnog stanja, u zavisnosti od trenutka kada se obavlja i od uslova ugovora, može biti u nadležnosti izvođača, stručnog nadzora ili investitora.

5.2. Izveštavanje

U skladu sa dobrom praksom, prilikom izvođenja radova izvođač priprema tabelu usklađenosti za mere sprečavanja ili ublažavanja koje zahtevaju dnevnu pažnju (polivanje gradilišta vodom, održavanje vozila, obuka radnika, beleške povreda i/ili udesa, korišćenje zaštitne opreme i dr). Lista mera koje treba da prati izvođač je prethodno definisana kroz plan praćenja stanja ili se dogovara na samom početku projekta između investitora, izvođača i nadzornog inženjera, te prenosi u plan upravljanja zaštitom. Osnovni izvor podataka za izveštavanje su građevinski dnevnik i knjiga („ekološki“ dnevnik, ako postoji).

Nadzorni inženjer proverava tabelu usklađenosti koju je izradio izvođač i formira periodični izveštaj uobičajeno kroz listu provere. Izvor informacija za izradu izveštaja predstavljaju obilasci, tabela usklađenosti, beleške izvođača, razgovor sa lokalnim stanovništvom. Provera se obavlja tokom redovnih obilazaka ili dnevno, zavisno od forme angažovanja specijaliste u timu nadzora. Periodični izveštaj nadzora treba da bude kratak i precizan sa sledećim sadržajem:

- uvod sa listom obilazaka, datumima, obimom rada i listom sastanaka i učesnika;
- karta ili lista posećenih lokacija i lokacija uzorkovanja;
- rezime korektivnih naloga ili obustava radova izdatih izvođaču (ukoliko ih je bilo);

- rezultati praćenja stanja (tabela usklađenosti/lista provere) - ključni deo (rezultati ispitivanja mogu biti prikazani u ovoj tabeli ili posebno);
- foto dokumentacija sa detaljnim informacijama o lokaciji, zabeleženom događaju, aktivnosti, datumom obilaska i sl.

Ako se obavlja sistemsko praćenje stanja, rezultat na pojedinim deonicama ili celokupnoj mreži puteva treba da predstavlja izveštaj o stanju životne sredine, sa odgovarajućim smernicama za dalje aktivnosti na zaštiti i unapređenju životne sredine. Izveštaj o stanju treba da sadrži:

- opis mreže, sa prikazom opštih karakteristika, podacima o upravljaču i izvršiocu monitoringa;
- metodologiju monitoringa, sa detaljnim opisom metoda merenja i uzorkovanja, planom i dinamikom monitoringa i definisanim pokazateljima stanja životne sredine;
- spisak lokacija merenja i uzorkovanja, sa naznačenom vrstom merenja, brojem i vremenom uzetih uzoraka, kao i osnovnim meteorološkim podacima u trenutku merenja;
- rezultate merenja;
- analizu stanja i upoređenje sa nultim stanjem na lokaciji;
- preporuke za dalje aktivnosti, ukoliko je to potrebno, radi postizanja odgovarajućih regulatorno definisanih normativnih vrednosti pokazatelja ili preporuke za unapređenje stanja životne sredine, ako je to moguće provesti;
- zaključak;
- spisak učesnika monitoringa;
- priloge, u obliku tabela, dijagrama, karti, fotografija, crteža i sl.

6. TEHNIKA MONITORINGA

Monitoring je moguće provoditi na kontinualnoj ili diskontinualnoj osnovi, kratko- ili dugoročno. Kontinualni monitoring bi trebalo da odgovori na pitanje regulatorne usaglašenosti, a potrebno ga je provoditi za određene strategije prevencije. Programi povremenog monitoringa (diskontinualno) uglavnom treba da pruže odgovore u vezi sa specifičnim pitanjima i najčešće se uključuju u procene uticaja.

Uobičajen sistem monitoringa se u praksi, po pravilu, svodi na terenska osmatranja. Provode se različiti vidovi rekognosciranja i manje ili više detaljna kartiranja, uz potrebna merenja i/ili pojedine istražne radove. Klasična terenska osmatranja ne mogu u potpunosti da zadovolje zahteve efikasnog i racionalnog monitoringa, a često je zbog relativno malih zona neposrednih radova na terenu, interpretacija dobijenih podataka zasnovana na subjektivnim sintezama. Usled toga će se malo koji investitor odlučiti na sistematski monitoring životne sredine, ponavljan u kratkim vremenskim intervalima.

Navedeni nedostaci zahtevaju povećanje racionalnosti, te se u skladu sa tim veoma često poslednjih dvadesetak godina u svetu primenjuju metode daljinske detekcije [8]. U praksi se daljinska detekcija svodi na analizu i interpretaciju snimaka površine Zemlje, i to: terestičkih, sa klasičnih letelica ili iz kosmosa. Princip se svodi na sistematsko merenje određenog energetskog polja i tumačenje utvrđenih anomalija preko razlika u svojstvima ispitivane sredine. Imajući u vidu da se daljinskom detekcijom ne mogu utvrditi određene kategorije podataka, već samo ukazati na prisustvo uticaja/zagađenja, rasprostranjenost i, eventualno, uzrok i intenzitet, jasno je da se time ne isključuje potreba za terenskim istraživanjima. Na osnovu prikupljenih podataka, služba monitoringa može planirati i usmeravati terenska istraživanja na ključna područja sa prikupljanjem uzoraka za laboratorijska ispitivanja i dr.

Video sistemi koji se koriste za potrebe snimanja karakteristika i stanja putne infrastrukture omogućavaju i sagledavanje sadržaja u neposrednoj blizini putnog pojasa. Korišćenjem video snimaka je moguće analizirati postojeći odnos puta i životne sredine, kao i simulirati potencijalna rešenja i mere zaštite. Sve fizičke pojave, odnosno manifestacije ugrožavanja životne sredine se mogu analizom video snimaka precizno locirati i kvantifikovati, te na taj način i planirati odgovarajuće mere sanacije i zaštite. Kao i kod daljinske detekcije, rezultati analize mogu ukazati na potrebu detaljnih terenskih radova, odnosno uzorkovanja i ispitivanja.

7. KORISNICI REZULTATA

Kao korisnici rezultata aktivnosti praćenja stanja pojavljuju se sledeće četiri grupe zainteresovanih:

- javnost u obliku šire i, posebno, lokalne zajednice, uključujući tu i razne zainteresovane grupe i organizacije;
- donosioci odluka na strateškom nivou, kojima je potrebna podrška za donošenje bitnih odluka na političkom ili programskom nivou;

- planeri različitih profila i na različitim nivoima lokalne ili više vlasti, koji koriste informacije radi utvrđivanja promena i potreba određenih oblasti;
- investitori i izvođači direktno zainteresovani za projekat i njegove moguće negativne i pozitivne uticaje.

Na taj način rezultati monitoringa (prvenstveno) postaju sredstvo za definisanje preporuka i mera koje treba provesti u cilju poboljšanja stanja životne sredine.

8. REVIZIJA ILI POST-PROJEKTNNA ANALIZA

Jedan vid praćenja stanja, odnosno analize provedenih istraživanja u prethodnim fazama je i revizija, odnosno post-projektna analiza koja, praćenjem stanja u realizaciji i nakon završetka projekta, doprinosi postizanju predviđenih mera, poboljšanju procene budućih uticaja, kao i njenih postupaka. Razlikuju se sledeće analize [9, 10]:

- provera provođenja - osmatranje i merenje parametara tokom eksploatacije radi utvrđivanja da li se postupilo i postupa prema uputstvima i naredbama koje su proizašle iz procene uticaja na životnu sredinu, odnosno ekološke dozvole,
- provera rešenja - osmatranje i merenje parametara radi utvrđivanja da li projektno rešenje zadovoljava propisane kriterijume,
- provera uticaja podataka - analiza rezultata merenja i provera uticaja njihove verodostojnosti na prethodno provedene analize,
- provera predviđanja uticaja - kontrola metodologije korišćene tokom predviđanja pojedinih uticaja i
- nadzor i inspekcija - kvalitativna provera da li se redovne aktivnosti odvijaju kako je planirano i da li postoji eventualno ugrožavanje životne sredine.

Praćenje i kontrola uticaja razmatranih u proceni je važan element u fazi nakon realizacije konkretnog projekta. Omogućava da se potvrdi valjanost analiza, utvrdi da li su realni uticaji približni prognoziranim i da li su mere za ublažavanje i njihovo dovođenje u prihvatljive granice opravdale svoje postojanje, naknadno oceni neka specifična odluka, uključujući i utvrđivanje grešaka i nepredviđenih uticaja, te preporučivanje dodatni elemenata za njihovo ublažavanje ili otklanjanje. Bez povratne informacije može postojati tendencija ka umnožavanju nepotrebnih podataka i uvođenju nepotrebnih analiza i ispitivanja. Konačno, za životnu sredinu nisu bitni predviđeni, odnosno procenjeni, nego stvarni uticaji koji se pojavljuju.

Ova analiza može stimulisati poboljšanja u tehnikama predviđanja uticaja i povećanje pouzdanosti da bi se prevladala nesigurnost koja karakteriše prirodnu sredinu. Informisanje korisnika i zainteresovanih pojedinaca i organizacija je, takođe, jedna od aktivnosti koje se preduzimaju tokom post-projektne analize, kako bi se osiguralo da javnost poseduje saznanja i svest o stvarnim posledicama određenog projekta na životnu sredinu i da bi se opravdao nastavak izvršenja projekta.

Da bi se post-projektna analiza provela potrebno je obezbediti informacije o veličini stvarnih uticaja i njihovim efektima. U idealnoj situaciji, proces monitoringa bi trebalo da rezultira ovim informacijama. Monitoring treba da obuhvati i nulto stanje, pre početka izvršenja radova i stanje tokom, odnosno posle radova, kao i da naročito obrati pažnju na one parametre za koje se očekuje značajan uticaj. Na taj način su monitoring i post-projektna analiza neraskidivo povezani, imajući u vidu da se jedan proces nalazi u osnovi drugog.

I pored nesumnjivih prednosti primene post-projektne analize ona u praksi nije naročito zastupljena, a razlozi su povezani, u velikoj meri, sa zakonskim odredbama i institucionalnim problemima, odnosno nedefinisanim odnosima ko, kad i na koji način može i treba da prikuplja podatke potrebne za određeni tip analize. Osim toga, post-projektna analiza je finansijski zahtevan proces sa prethodnim određivanjem ciljnih aspekata i utvrđivanjem prioriteta.

Post-projektne analize provedene u razvijenim zemljama [9, 10] ukazuju da je sudbina istraživanja, bez obzira na njihov karakter, sadržaj i zaključke često vezana za subjekte odlučivanja van opšteg društvenog interesa, a da su odluke najčešće bile zasnovane na uštedama značajnih finansijskih sredstava. Iza ovih formulacija se najčešće skriva nesprijetnost merodavnih, ali u ovom domenu i često nestručnih ljudi, da na ispravan način donesu odluke o konkretnim situacijama.

9. POKAZATELJI STANJA U UPRAVLJANJU PUTEVIMA

U procesu upravljanja putevima nužno je brojne raznovrsne i kompleksne pojave, procese i odnose, kao i dinamičnost njihovih promena u prostoru i vremenu, prevesti na ograničen broj objektivnih pokazatelja,

prema kojima se, primenom odgovarajućih kriterijuma, zauzima određeni stav, donose i provode odluke putem usmeravanja odgovarajućih prioritetnih akcija, definišu budžetska sredstva i provodi vrednovanje, kako posmatrane aktivnosti ili objekta, tako i preduzete mere zaštite [11]. Opravdanost uvođenja pokazatelja stanja životne sredine u oblasti puteva leži u činjenici da nije moguće upravljati bilo kojim resursom, objektom i sl. ako se isti ne može iskazati, odnosno opisati merljivim podacima [1, 11].

Većina pokazatelja, bez obzira da li su ekološki, ekonomski ili socijalni, predstavlja specifičan skup podataka kojim se može meriti ili ocenjivati neka celina, deo, proces ili pojava. Ulogu pokazatelja u procesu upravljanja putevima treba sagledavati u kontekstu ciklusa donošenja odluka, tako da je značajno izdvojiti pokazatelje na nivou mreže i na nivou projekta. Na nivou mreže su podobni zbirni pokazatelji za izradu i procenu alternativnih strategija i planova razvoja, dok se na nivou projekta mogu koristiti deskriptivni pokazatelji koji grupišu pojedinačne rezultate merenja stanja, sažimajući veći broj podataka u mali broj reprezentativnih (agregiranih) informacija. Kada se jednom usvoji sistem pokazatelja, njegova primena obezbeđuje sistematičnost procesa prikupljanja podataka, efikasniju organizaciju, sintezu i upotrebu informacija, te konzistentnost izveštavanja.

Kod izdvajanja grupa pokazatelja u okviru svake od komponenti sadejstva puta i životne sredine treba dati prednost sintetizovanim grupama pokazatelja, koji, s jedne strane, obezbeđuju sintezu saznanja o celini stanja i procesa i koji su, s druge strane, integrisani u procese odlučivanja, kao instrument donošenja odluka [11]. Svi elementi komponenti se ne mogu u celini iskazati pokazateljima, odnosno treba računati sa relativnom neizvesnošću i nepoznicama. Kvalitet određenog pokazatelja se određuje prema nivou njegove kompetentnosti u pogledu preciznosti i sinteznog objašnjenja komponenti. Suviše specijalizovani pokazatelji se napuštaju radi sinteznijeg iskaza mera, koji omogućava da se stekne uvid i u druge činioce istraživane komponente. Pored objektivnih pokazatelja, zasnovanih na direktnim merenjima, u primeni su i subjektivni pokazatelji, izvedeni iz anketnih podataka o perceptivnim stavovima pojedinaca ili stavovima o specifičnim situacijama. Preporučuje se kombinovano korišćenje objektivnih i subjektivnih pokazatelja stanja životne sredine, radi upoređivanja objektivno merene promene sa subjektivnim reakcijama.

Međutim, treba imati u vidu da će ovi zbirni pokazatelji biti samo vrh piramide detaljnijih informacija i pokazatelja, što se može videti i na osnovu rezultata sistemskog praćenja stanja iz sledeće liste:

- opis načina uticaja saobraćajnica na životnu sredinu;
- sistem ranog upozoravanja;
- procena rizika i identifikacija novih problema;
- osnova za planiranje i procenu mera zaštite;
- ulazni elementi za korektivne aktivnosti ili optimizaciju aktivnosti;
- ocena efektivnosti primenjenih mera ublažavanja;
- podaci za pripremu politike saobraćaja i zaštite životne sredine;
- osnove za pripremu regulative u vezi sa kvalitetom životne sredine;
- ocena/merenje napretka ka postavljenim ciljevima zaštite životne sredine.

Takođe, značajna je činjenica da je potrebno učiniti dodatne napore i definisati metodologiju prikupljanja, obrade, interpretacije i objavljivanja informacija o pokazateljima stanja životne sredine. Većina pokazatelja već postoji evidentirana u nekom obliku od strane različitih subjekata, ali ti subjekti ne poseduju veštinu i moć analize i objavljivanja podataka bez posredovanja institucija koje bi organizovale i koordinirale rad pojedinih organizacija (instituta, ustanova, statističkih zavoda i dr). Nakon definisanja metodologije obavezno je zakonski urediti redovnost praćenja stanja i izveštavanja, kako bi se podaci mogli koristiti u pravu svrhu i bez bojazni o manjku podataka ili njihovoj pouzdanosti.

Proces praćenja stanja i izveštavanja u svakom slučaju nije jednostavan i nemoguće je očekivati da postane operativan u veoma kratkom periodu. Treba očekivati da će proces moći da se razvije tokom nekoliko godina (obično 5-6 godina), pri čemu će se vremenom podaci, pokazatelji i metode procene i prikupljanja postepeno poboljšavati. Kao rezultat sistema trebalo bi očekivati sledeće:

- godišnji izveštaj o pokazateljima stanja životne sredine, koji bi se koristio na visokom političkom nivou i radi upoređenja trendova između različitih država;
- statistički izveštaj sa detaljnim pregledom prikupljenih podataka, odnosno pokazatelja i njihovom analizom;
- namenski izveštaji o pojedinim pokazateljima i posebnim temama koje zahtevaju detaljniji pristup od onog koji je moguć u godišnjem izveštaju;
- studije o poboljšanjima ili ukidanju postojećih pokazatelja ili metoda, kao i o uvođenju novih pokazatelja i metoda.

10. ZAKLJUČAK

Analiza uticaja na životnu sredinu ne obuhvata samo procenu ili predviđanje mogućih uticaja i eventualnih mera za ublažavanje ili otklanjanje negativnih dejstava, kako se to često smatra sa planerske ili projektantske pozicije radi zadovoljenja forme. Analiza obuhvata i kasnije faze životnog ciklusa projekta koje nisu čisto planerske ili projektantske, a prvenstveno se odnose na vreme tokom izgradnje i eksploatacije puteva.

Opisane aktivnosti koje bi trebalo da se odvijaju u kasnijim fazama životnog ciklusa projekta, monitoring, nadzor i revizija, su ustvari i aktivnosti koje se najčešće zanemaruju, što prouzrokuje nepoznavanje stvarnih uticaja nekog projekta na životnu sredinu i nemogućnost stvaranja baze za nova istraživanja i analize povezane sa uticajima na životnu sredinu. U skladu sa tim, svaka nova analiza zahteva dodatno, nepotrebno, izdvajanje sredstava za utvrđivanje „nultog stanja“, koja bi se mogla iskoristiti za ostvarivanje poboljšanja metodologije predviđanja uticaja, zaštitu i unapređenje životne sredine u okruženju puteva, ili, u krajnjem slučaju, za unapređenje kvaliteta saobraćajne mreže, ako se posmatra šira problematika upravljanja saobraćajnom infrastrukturom.

Literatura

- [1] Crosett, J.; Ang-Olson, J.; Franty, J. 2015. Environmental performance measures for State Departments of Transportation, Transportation Research Board, Washington, D.C.: 149 p.
- [2] Jokanović, I., Knežević, N. (2006) Organizacija i izvršenje monitoringa životne sredine tokom radova rehabilitacije puteva, Zbornik radova Četvrtog naučno-stručnog skupa Put i životna sredina, Tara: 291-296.
- [3] Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 135/04, 36/09, 72/09, 43/11
- [4] Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 135/2004, 36/2009
- [5] Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik Republike Srbije, br. 69/2005
- [6] Jokanović, I. (2012) Iskustva na pripremi i realizaciji plana upravljanja zaštitom životne sredine na projektima izgradnje i rehabilitacije/rekonstrukcije puteva, Zbornik radova 3. BiH kongresa o cestama, Sarajevo: kongresni CD
- [7] Jokanović, I., Bajović, S., Radović, I. (2015) Regional experience in preparation and implementation of environmental management plan for road projects, Proceedings of the 25th World Road Congress, Seoul: congress DVD
- [8] Seiler, A., Eriksson, I.-M. (1997) New approaches for ecological consideration in Swedish road planning, Proceedings of the International Conference Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineers, Maastricht, 1995: 253-264.
- [9] Arts, J.; Caldwell, P.; Morrison-Saunders, A. 2001. Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions-findings from a workshop at the IAIA 2000 conference, Impact Assessment and Project Appraisal, 3 (19): 175-185.
- [10] Morrison-Saunders, A.; Arts, J.; Baker, J.; Caldwell, P. 2001. Roles and stakes in environmental impact assessment follow-up, Impact Assessment and Project Appraisal, 4 (19): 289-296.
- [11] 2012. Monitoring of environmental impacts of roads, World Road Association, Paris: 96 p.

MESTO SAOBRAĆAJA I PUTNE PRIVREDE U SAVREMENOJ EKONOMIJI

Dr Ljiljana M. Stošić¹

Visoka škola primenjenih strukovnih studija u Vranju, e-Mail: mihajlovicp@ptt.rs

Predrag Mihajlović²

Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture R. Srbije, e-mail: predrag.mihajlovic.@mgsi.gov.rs

Marija Mihajlović³

Građevinsko arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Rezime: U savremenoj ekonomskoj teoriji saobraćaj se posmatra kao samostalna oblast materijalne proizvodnje. U privrednom istemu svake zemlje, saobraćaj je značajna privredna delatnost koja se više ne smatra tercijarnom privrednom delatnošću, već se zajedno sa energijom svrstava u privredne faktore koji podstiču (ili usporavaju) privredni razvoj. Značaj saobraćaja u ekonomskom smislu je utoliko veći, ukoliko je prostorna distanca između proizvodnje i potrošnje proizvoda veća, što ukazuje da je saobraćaj preduslov za razvoj drugih privrednih oblasti. Saobraćaj kao privredna delatnost, stimuliše razvoj industrije obavljajući distributivnu funkciju, što znači da saobraćaj znatno utiče na ubrzanu obrt sredstava, omogućava realizaciju roba i doprinosi ubrzanom procesu reprodukcije. Takođe, značaj saobraćaja kao samostalne i specifične privredne oblasti ogleda se u tome što se za organizaciju i izvršenje procesa transporta angažuje posebna radna snaga i transportna sredstva. Savremeni trend u ekonomskoj nauci karakteriše zaokret ka ekološkoj ekonomiji uz porast ekološke svesti, jer su se problemi zaštite životne sredine značajno rangirali na listi prioriternih problema. Sa tog stanovišta, saobraćaj i konkretno putna privreda, u ekonomskoj teoriji označen je kao privredni sektor koji najviše doprinosi zagađenju životne sredine, zbog čega se čine napori da se preduprede ekološki i ekonomski negativni trendovi saobraćaja.

Ključne reči: saobraćaj, putna privreda, ekonomska ocena.

TRAFFIC AND TRAVEL INDUSTRY IN THE MODERN ECONOMY

Dr Ljiljana Stošić Mihajlović

¹ College of Applied Studies, Vranje, e-Mail: mihajlovicp@ptt.rs

Predrag Mihajlović²

² Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of the Republic of Serbia

Marija Mihajlović³

³ Faculty of Civil Engineering, University of Niš

Abstract: In modern economic theory, traffic is seen as an independent field of material production. In a business the same in each country, transport is an important economic activity that is no longer considered tertiary economic activity, but with energy ranks in economic factors that encourage (or slowing) economic development. The importance of transport in economic terms is all the greater if the spatial distance between production and consumption of products increased, indicating that traffic is a prerequisite for the development of other economic sectors. Traffic as economic activity, stimulates the development of the industry by performing the distribution function, which means that traffic significantly affect the fast turnover of assets, allows the realization of goods and contributes to the accelerated process of reproduction. Also, the importance of transport as an independent and specific economic areas is reflected in the fact that the organization and execution of transport processes engage special labor and transport equipment. The modern trend in economic science is characterized by a shift towards ecological economy with an increase in environmental awareness, because the environmental problems significantly ranked on the list of priority problems. From this perspective, traffic and concrete road industry, in economic theory is designated as an economic sector that contributes most to the pollution of the environment, which is why efforts are being made to prevent environmentally and economically negative trends of traffic.

Keywords: traffic, roads, economic evaluation

1. UVOD

Saobraćaj je osnovni činilac, ne samo razvoja društva, već i opstanka društvene zajednice. Jednostavno rečeno, saobraćaj je društveni "krvotok" i tamo gde ne dosežu saobraćajne arterije, to područje demografski odumire. Ova delatnost ima kako sociološku, tako ekonomsku i razvojnu ulogu u društvu. Zasebno

¹ Dr Ljiljana Stošić: email mihajlovicp@ptt.rs

posmatran, saobraćaj je veoma propulzivna i profitabilna delatnost, a kada se ova delatnost sagledava u širem smislu, pouzdano se može reći da je saobraćaj osnov društvenog razvoja i njegov glavni integrativni činilac. U stvari, nivo razvoja nekog društva meri se sa stepenom razvoja saobraćaja, a stepen kulturnog razvoja sa kulturom u saobraćaju.

Saobraćajna industrija je četvrta oblast materijalne proizvodnje koji predstavlja sastavni deo razvoja proizvodnih snaga i ima snažno povratno dejstvo u jedinstvenom procesu kružnog kretanja kapitala, jer tok kapitala izvršava se normalno samo dotle dok njegove različite faze prelaze jedna u drugu bez zastoja. U procesu reprodukcije postoji tesna povezanost između razvoja transporta kao samostalne oblasti materijalne proizvodnje i proizvodnih snaga društva.

Transportna usluga predstavlja proizvod rada transportnih preduzeća. Specifičnost transporta je u tome što ona nije materijalizovani proizvod i što ne može egzistirati odvojeno od procesa kojima se ona proizvodi. Proces proizvodnje transportne usluge je ustvari promena mesta prevoženja i kada se ovaj proces završi, tek tada nastaje i usluga kao proizvod tog rada. Prema tome, proces proizvodnje i proces potrošnje usluga je vremenski jedinstven proces. Iz ovoga proizilazi sledeća specifičnost transportne usluge, a to je da se ona ne može lagerovati (skladištiti) i prodavati nakon njene proizvodnje. Zbog toga je planiranje rada transportnog preduzeća vezana za poznavanje prostorno i vremenski formirane tražnje za transportnim uslugama.

Sušтина proizvodnje transportnih usluga je savlađivanje prostora kretanjem transportnih sredstava u kojima istovremeno putuju ljudi kao korisnici usluga ili njihova roba i radnici koji vrše proces rada, na svojim pokretnim radnim mestima. S obzirom na to da se u našoj teoriji i praksi upotrebljavaju sa istim značenjem reči saobraćaj i transport, a suštinski nemaju isto značenje, potrebno je dati određena pojmovna razjašnjenja.

Pod pojmom transport podrazumeva se privredna - uslužna delatnost u okviru koje se odgovarajućom transportnom tehnologijom prenosi roba, putnici, vesti ili energija u određenom vremenskom intervalu, između dve tačke u prostoru. Kao značajan činilac procesa društvene reprodukcije, kao opšti uslov proizvodnje, saobraćaj se tretira kao javna služba koja ima zadatak da zadovoljava potrebe društva i proizvoda.

Proizvod transportne delatnosti je usluga koja ima svoju ekonomsku vrednost koja se može realizovati na tržištu. Saobraćaj predstavlja organizovano kretanje transportnih jedinica na zajedničkoj mreži i ona je posledice primenjene tehnologije i potrebe za prevozom (transportom). Saobraćaj nije privredna delatnost i ne donosi ekonomsku korist, već izaziva štetu kroz utrošak energije za kretanje i kroz druge negativne efekte (ugrožavanje okoline, saobraćajne nezgode, saobraćajna zagušenost itd.).

Idealan uslov bio bi kada bi se obavljanje transporta vršilo bez saobraćaja. Saobraćaj je u stvari širi pojam od transporta, jer pored prevoza putnika i robe obuhvata i sve operacije i komunikacije u transportu. Kada se govori o drumskom saobraćaju, on bi pored transporta putnika i robe obuhvatio operacije utovara i istovara, pretovara, pakovanja, špediterske i druge usluge bez kojih se drumski saobraćaj ne bi mogao odvijati.

S ciljem definisanja saobraćaja kao samostalne oblasti društvene proizvodnje potrebno je utvrditi da li svako transportovanje - premještanje robe i ljudi iz jednog mjesta u drugo može smatrati saobraćajem u društveno-ekonomskom smislu, odnosno saobraćajem kao jednom od privrednih oblasti u okviru društvene podjele rada. Transportovanje ljudi i roba može po svom ekonomskom karakteru biti dvojako. Ono se može vršiti, prvo, u okviru procesa proizvodnje pojedinih materijalnih dobara, i drugo u okviru prometnog procesa.

2. EKONOMSKI KARAKTERISTIKE SAOBRAĆAJA

Saobraćaj ima za cilj da omogući realizaciju društvene upotrebne vrednosti robe, da omogući odvijanje procesa društvene reprodukcije. Znači ako se transportovanje obavlja u sferi prometa i s ciljem omogućavanja tog procesa, onda se radi o saobraćaju kao samostalnoj privrednoj delatnosti. Zbog toga se transport smatra produžetkom procesa proizvodnje koja se obavlja u okviru prometnog procesa i za prometni proces. Samostalnost saobraćaja kao privredne delatnosti ogleda se u tome što za organizaciju i izvršenje procesa transportovanja angažuje potrebna sredstva za proizvodnju i radna snaga.

Definicija saobraćaja mora da obuhvati i tehničke i ekonomske karakteristike saobraćaja kao privredne delatnosti. Iz toga se može zaključiti da je saobraćaj samostalna privredna delatnost koja se bavi prenosom materijalnih dobara, ljudi i vesti sa jednog mesta na drugo, a s ciljem omogućavanja prometa roba i zadovoljenja društvenih potreba u prevozu kao i međusobne razmene misli, ljudi.

Kako su osnovni elementi svakog procesa proizvodnje su svrsishodna delatnost - rad, predmeti rada i oruđa za rad, svrsishodna delatnost u saobraćaju je prevoz robe i putnika na određeno odstojanje. Koristan učinak

saobraćajne delatnosti koja se naziva prevoznom ili transportnom uslugom, ne postoji kao neka stvar za upotrebu, ne može se izdvojiti iz samog procesa transporta.

Proizvodna usluga kao korisni učinak delatnosti ima svoju upotrebnu vrednost kao i svaki drugi proizvod u bilo kojoj oblasti materijalne proizvodnje. Njegova upotrebna vrednost ogleda što omogućava da se obavlja proces proizvodnje odnosno zadovoljenja potreba ljudi. To znači da se upotrebna vrednost prevozne usluge sastoji u samom činjenju - obavljanju procesa proizvodnje.

Predmet rada u saobraćaju su objekti prevoženja - roba i ljudi. Promene se vrše samo u prostornoj promeni i postoje izvesne specifičnosti predmeta rada u saobraćaju a to su:

- predmet rada u saobraćaju se ne troši,
- predmet rada u procesu transportovanja nije vlasništvo saobraćajnog preduzeća,
- postoje pored osnovnog procesa transporta i izvesni pomoćni i sporedni procesi proizvodnje kojima kao predmet služe razni pomoćni materijali, gorivo itd.

Takvi procesi u saobraćaju su:

- održavanje voznih sredstva i saobraćajnog puta,
- proces proizvodnje energije za pokretanje vozila.

Sredstva rada u saobraćaju su: vozni, odnosno plovni park. U železničkom saobraćaju postoji velika složenost oruđa za rad (lokomotiva i kola, voz, čijim se delovanjima obavlja prevoz). Za saobraćajnu delatnost od posebnog su značaja tzv. objektivni uslovi za izvršenje procesa rada. Tu spadaju putevi, kanali, železničke pruge, sva postrojenja, uređaji i zgrade kao što su stanice, ložionice, vodostanice, pristaništa, luke itd. Postojanje ovih uslova je neophodno, jer to zahteva pravilna organizacija i osiguranje bezbednosti saobraćaja.

Proces proizvodnje u saobraćaju odlikuje se još nekim osobenostima u odnosu na industriju:

Prvo, u saobraćaju treba razlikovati proces proizvodnje od procesa rada, pa prema tome jedinica za merenje proizvodnje se razlikuje od jedinice za merenje rada. Proizvodnja u saobraćaju ima za rezultat korisni učinak - prevoznu uslugu koja se može kvantitativno izraziti proizvodom, težine robe i daljine prevoza, odnosno broja putnika i daljine prevoza. To su jedinice za merenje obima prevoza u saobraćaju: neto tonski i putnički kilometri.

Drugo, karakteristika procesa transporta jeste da postoji njegova teritorijalna neograničenost.

Treća karakteristika je uslovljena teritorijalnom neograničenošću i ogleda se u načinu upravljanja i organizacije u saobraćajnim preduzećima.

Četvrta karakteristika procesa proizvodnje u saobraćaju ogleda se u integraciji saobraćaja. To je pojava koja se manifestuje u vezanosti saobraćajnih preduzeća, naročito železničkih, za jedno određeno područje (ne za jedno mesto). Ova pojava ima uticaj na poslovnu politiku saobraćajnih preduzeća, a naročito za vođenje tarifne politike

Transportni sistem sastoji se iz skupa transportnih sredstava, saobraćajnica po kojima se kreću transportna sredstva uz pomoć tehničkih uređaja, opreme i objekata koji obezbeđuju normalan rad transportnih sredstava.

Transportna sredstva - vozila namenjena su izvršenju transportnih usluga.

Saobraćajnice su specijalno pripremljeni i opremljeni putevi po kojima se kreću transportna sredstva.

Tehnički uređaji, oprema i objekti sastoje se iz preventivno-remontnih radionica, autobuskih garaža, skladišta, utovarno- istovarnih mjesta i robnih i putničkih stanica, sredstava veze, signalizacije itd.

Kada se govori o drumskom saobraćaju, kao obavezni uslovi za funkcionisanje drumskog saobraćaja mogu se smatrati: visok stepen razvijenosti putne infrastrukture i suprastrukture, primerna organizacija rada, upravljanja i rukovođenja, primerena upotreba savremenih prevoznih tehnologija, tržišno poslovanje svih učesnika u drumskom saobraćaju, adekvatno regulisanje odnosa učesnika u drumskom saobraćaju, adekvatno funkcionisanje integralnog informacijskog sistema i dr.

2. OSNOVNE FUNKCIJE SAOBRAĆAJA

Uloga saobraćaja u privrednom životu svake zemlje jeste mnogostruka i vrlo značajna. Postoji čvrsta uzajamna zavisnost između stepena razvitka saobraćaja u jednoj zemlji i razvoja privrede. Saobraćaj je rezultanta određenog nivoa razvitka privrede s jedne strane, a s druge strane on sam vrši uticaj na privredni razvoj svake zemlje.

Osnovne funkcije izražavaju se u sledećem:

Prvo, saobraćaj ima za cilj da poveže sferu proizvodnje sa sferom potrošnje. U tome je osnovna funkcija transporta kao privredne delatnosti i njegov ogroman značaj za privredni život svake zemlje.

Drugo, saobraćaj utiče na razvijanje teritorijalne podelje rada, kako u okviru jedne zemlje, tako i u svetskim razmerama, kako bi se što bolje iskoristili prirodni uslovi koji postoje u pogledu izvora sirovina, energetskih goriva, racionalnijeg i boljeg korišćenja radne snage u pojedinim područjima itd.

Treće, izgradnja i modernizacija gradskog saobraćajnog sistema uslovljava ubrzanje razvoja društvene podele rada i razvoj novih industrijskih grana (industrija šinskih vozila, automobilska industrija i dr.), što ima veliki uticaj na zapošljavanje stanovništva.

Četvrto, saobraćaj je značajan uslov privrednog razvitka svake zemlje kao i pojedinih regiona. Saobraćajna infrastruktura: putevi, železničke pruge, reke i kanali sa osnovnim infrastrukturnim objektima omogućavaju odvijanje procesa proizvodnje saobraćajnih usluga, istovremeno su odlučujući činilac prostornog povezivanja različitih faktora proizvodnje i na taj način uslov bez koga se ne može odvijati proizvodnja. Zbog toga se saobraćaj javlja ne samo kao faktor privrednog razvoja nego i kao opšti uslov proizvodnje. Ova njegova funkcija predodređuje i određeni tretman saobraćajne infrastrukture, a naročito sa aspekta utvrđivanja ekonomskih efekata i ocene efikasnosti investicija u razvoj i modernizaciju saobraćajnog sistema jedne zemlje.

Peto, saobraćaj je bitan inicijalni faktor privrednog razvitka nerazvijenih područja u okviru jedne zemlje. U takvim područjima sigurno je da je za izgradnju novih saobraćajnica modernih puteva i železničkih pruga predstavlja meru koja treba da prethodi podizanju industrijskih objekata. S obzirom na ulogu transporta potrebno je ići na kompleksan i uporedni razvitak saobraćaja sa ostalim privrednim delatnostima.

Šesto, saobraćaj takođe vrši odlučujući uticaj i na razvoj turizma u regionu, jer je tek razvoj saobraćajnica, a posebno razvoj automobila, železnice i aviona doprinelo pretvaranju turizma iz individualnog u masovni fenomen.

Sedmo, s obzirom na svoje ekonomske i društvene funkcije saobraćaj u svakoj zemlji, ima prvorazredni politički i društveni značaj. Samom činjenicom da povezuje pojedine krajeve u jednu celinu, saobraćaj omogućava formiranje državne integralnosti, i pod pretpostavkom pravilnog rešenja društveno-političkih problema, naročito nacionalnog pitanja, doprinosi stvaranju osećanja jedinstvene zajednice.

Usled velikog društveno-političkog značaja koji ima saobraćaj u svakoj zemlji, društvena zajednica se bilo preko državnih organa ili preko posebnih institucija pojavljuje kao subjekat u razvojnoj saobraćajnoj politici.

Osmo, istorijski razvoj mnogih zemalja pokazuje da je saobraćaj odigrao značajnu ulogu u formiranju načina života ljudi. Izgradnja i razvoj saobraćajnica i saobraćajnih sredstava uticala je i danas utiče na formiranje veličine naselja i uopšte na proces urbanizacije.

Nova saobraćajnica će inicirati razvitak privrede u krajevima kroz koje prolazi, delovati blagotvorno na otkrivanje mnogobrojnih i značajnih privrednih rezervi i stvoriti preduslove za racionalno iskorištavanje postojećih prirodnih uslova. Naravno, pri tome treba voditi računa o kapacitetu budućih saobraćajnica. Iz toga proizilazi da saobraćaj sa svoje strane vrši određen uticaj, povratno dejstvo na razvoj proizvodnje.

3. SAOBRAĆAJNA POLITIKA U EVROPSKOJ UNIJI

1992. godine Evropska komisija je odobrila zajedničku saobraćajnu politiku sadržanu u Beloj knjizi (White Paper). Na osnovu iskustva iz saobraćajnog planiranja utemeljenog na potražnji (neuravnotežen razvoj po granama saobraćaja i dr.), a uvažavajući planiranje na nivou sistema, aplicirani su ciljevi:

1. Formiranje transevropske mreže
2. Pravedno određivanje cena u saobraćaju
3. Zaštita okoline
4. Sigurnost u saobraćaju
5. Socijalna odgovornost
6. Jačanje unutrašnjeg tržišta
7. Osnajenje dimenzije jedinstvenog tržišta.

Predstavljena zajednička saobraćajna politika EU služi za oblikovanje saobraćajnog sistema kako EU, tako i zemalja kandidata za članstvo u EU, a time i Srbije.

4. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ODRŽIVOG RAZVOJA TRANSPORTA

Pod pojmom održivi razvoj podrazumeva se takav razvoj koji je u skladu sa današnjim potrebama bez dovođenja u opasnost zadovoljenja potreba budućih generacija. Konceptija održivog razvoja svodi se na pitanje šta ćemo ostaviti budućim generacijama? Praktično znači da bi budućim generacijama ekološke sisteme trebalo prenositi na nivou boljeg kvaliteta nego što ih danas imamo. Iz ove osnovne koncepcije održivog razvoja proizilazi danas da održivi razvoj zahteva fundamentalne promene u proizvodnji i potrošnji, tehnologiji i privredi, pa i u transportu. Tako politika održivog razvoja zahteva da zaštita okoline postane sastavni deo celokupne ekonomske i društvene politike održivog razvoja uopšte, pa i transporta, kako bi se kroz proces donošenja odluka o zaštiti okoline i prirodnih resursa ugradila u sve segmente društva, pa i u transport kao posebnu privrednu delatnost koji svojim radom prouzrokuje i brojne negativne ekološke probleme.

Održivi razvoj transporta je ustvari takav razvoj koji ne ugrožava zdravlje ili ekosisteme i konzistentno zadovoljava prevoznu potražnju racionalnim korištenjem prirodno obnovljenih izvora energije, a neobnovljenih izvora dinamikom manjom od brzine razvoja i proizvodnje novih komponenti, posebno goriva. Stoga, načelo održivog razvitka podrazumeva upravljanje okolinom, dugoročnom procenom promena na užem i širem prostoru na način očuvanja kvaliteta prirodnih delova okoline budućim generacijama.

Saobraćaj se po pravilu odvija na zemlji (put, željeznica), vodi (reke, plovni kanali, more) i u vazduhu. Svaki od navedenih saobraćajnih tokova ima specifične uticaje od kojih većina izaziva neželjene posledice na okolinu kao celinu, odnosno specifično u vazduhu, vodi, tlu, flori i fauni, kao i na starim zaštićenim objektima, odnosno delovima okoline.

Pred transportom poseban je problem iznalaženja efikasnog odgovora pred nastalim potrebama za primenom savremenih oblika transporta. Pojedine države, odnosno njihovi urbani centri suočeni su sa sve većim zagađenjima vode i vazduha. Zbog daljnjeg povećanja zagađenja u svetu, ali i kod nas, potrebno je voditi računa o tome da nova saobraćajna infrastruktura ne bude faktor blokiranja razvoja.

Klasične saobraćajne grane, kao što su drumski, železnički i vazdušni saobraćaj, znatno su pridonеле zagađenju čovekove okoline. Usprkos tome, dokazana je da multimodalni transport spada u ekološki "čiste" oblike prevoza roba. Korištenjem savremenih transportnih jedinica, poput paleta, kontejnera, barži itd., moguće je izvršiti brzi efikasan transport, a da su pri tome zagađenja minimalna.

Da bi se razumevala mogućnost primene osnovnih načela, potrebno je razmotriti tri glavna aspekta održivog razvoja saobraćaja, i to:

- ekološki,
- društveni i
- kulturološki.

4.1 Ekološki aspekti

Ekološki aspekt održivog razvoja saobraćaja prvenstveno podrazumeva smanjivanje nepovoljnih učinaka na okolinu. U smislu delovanja transporta to se odnosi na tri osnovna elementa:

- zagađivanje okoline emisijom štetnih stvari,
- zagađivanje proizvodnjom otpada i
- buka.

Ekološki aspekti održivog razvoja saobraćaja objedinjavaju nekoliko načela i to:

- zaštita od zagađenja,
- zdravlje i sigurnost,
- integrirano planiranje,
- individualna i zajednička odgovornost,
- iskorištavanje zemlje i dobara i
- usklađenost privrednog razvoja.

4.2. Društveni aspekti

U smislu održivog razvoja, društveni aspekti uključuju osnovna demokratska načela primenjujući ih na relativno složenu tehnološku i organizacionu celinu kao što je saobraćaja. Da bi saobraćaja sa društvenog stanovišta bio kvalitetan i efikasan, on mora biti:

- dostupan u prostornom i ekonomskom pogledu,
- zdrav i siguran,
- racionalan u iskorištavanju prostora, zemlje i dobara.

Zadovoljeni društveni aspekti razvoja saobraćaja usklađuju odnose između:

- izgradnje i iskorištavanja saobraćajne infrastrukture,
- izgradnje nove i održavanja postojeće infrastrukture, saobraćajne ponude i potražnje,
- stepen razvoja drumskog saobraćaja i drugih vidova prevoza putnika i
- ulaganja u saobraćajnu infrastrukturu i veličine bruto domaćeg proizvoda.

4.3 Kulturološki aspekti

Kulturološki aspekti su jedna od odrednica održivog razvoja saobraćaja. Na taj način se unutar takvog razvoja uključuje kompletna populacija bez ikakvih podjela po bilo kojoj osnovi. Komponente kulturološkog aspekta su donedavno zanemarivane posebno u razvoju saobraćaja. Stoga je bilo iluzorno očekivati uvažavanje kulturoloških aspekata kada se malo pažnje posvećivalo adekvatnom obrazovanju i afirmaciji nauke u razvoju saobraćajnih procesa.

Zahvaljujući razvoju savremenih tehnologija transporta kao što su: paletizacija, kontejnerizacija, RO-RO, LO-LO, RO-LO, FO-FO, Huckepack i Bimodalna tehnologija transporta, transportna i saobraćajna logistika dobivaju sve više na značenju, a svoj fokus promatranja temelje na integrisanom pristupu i usmjeravaju ga na svim bitnim učesnicima koji učestvuju ili mogu učestvovati u prevozu robe od tačke prijema do tačke isporuke i na takav način mogu pridoneti povećanju efikasnosti i efektivnosti transportnog i saobraćajnog sistema kao celine, uz što manje negativne učinke po zdravlje ljudi, prirodu i okolinu.

Da bi se sistem drumskog saobraćaja razvijao u skladu sa istaknutim načelima održivog razvoja, neizostavno je nužno delovanje svih faktora uključenih u proces razvoja kroz celovit paket mera, a naročito:

- fiskalnih,
- regulativnih (operativnih) i
- edukacijskih.

Osnovna svrha primene ovih mera je osigurati granama saobraćaja shodno održivom razvoju, razvojnu usklađenost sa svim zahtevima očuvanja okoline i racionalnog trošenja prirodnih resursa. Pod tim se misli na ekološke primenljive procese proizvodnje saobraćajnih usluga. Uz pomoć ekoloških primenljivih na sredstva za rad koja su u funkciji oplemenjivanja ljudi, prostora i dr., osiguravajući pri tome najviše moguće pozitivne eksterne učinke.

U tom pogledu neophodno se osvrnuti na mere koje su prilagodljive s praktičnog stanovišta i koje daju brze efekte ali kratkog dometa i mere sistemskog karaktera na duži period.

Mere se određuju u raznim domenima shodno načelima održivog razvoja:

➤ Mere u domenu saobraćajnog prostornog planiranja i korištenja zemljišta:

- ograničavanje nekontrolisanog širenja izgrađenih naselja i racionalnije korištenje zemljišta,
- davanje prednosti ekološki čistijim vrstama prevoza pri planiranju saobraćajnih površina,
- povećanje sigurnosti svih oblika prevoza,
- smanjenje uticaja na okolinu planiranjem odgovarajućih infrastrukturnih zahvata.

➤ Mere u domenu zaštite okoline:

- smanjenje emisije štetnih stvari,
- smanjenje stvaranja otpada tokom svake faze korištenja saobraćajnih sredstava i infrastrukture putem odgovarajućih planiranja i primenom metoda višekratne upotrebe i recikliranja,
- smanjenje nivoa buke,
- određivanje ciljeva i uspostava pokazatelja razvoja održivog saobraćaja za kraće, srednje i duže plansko razdoblje u odnosu na zaštitu okoline,
- smanjenje potrošnje goriva koroz nova tehnička rešenja i kroz fiskalne odluke,
- razvoj i uvođenje novih alternativnih goriva.

➤ Mere u domenu ekonomije:

- iskazivanje potpunih troškova svake pojedine vrste transporta, uključujući i troškove infrastrukture kao podloge pri odlučivanju,
- osiguranje da svi korisnici saobraćajnog sistema, kao i oni koji od njega imaju direktne koristi, plaćaju punu cenu korištenja uvažavajući pri tome načelo jednakosti,
- podsticanje istraživanja i razvoja novih saobraćajnih i komunikacijskih tehnologija, usavršavanje i prilagođavanje ekonomskih i marketinških instrumenata.

Motivacija za njihovo uvođenje je pravilno ekološko upravljanje resursima. Pretpostavlja se da će ekološki porezi u visini štete koje izazivaju određene ekonomske aktivnosti podstaknuti zagađivače da te štete uračunaju u svoje odluke. Dakle, eksternalije bi bile internalizovane, rezultirajući prikladnom kontrolom zagađivanja i ekoloških šteta.

Taj tradicionalan pristup upravljanja održivim razvitkom zahteva državnu regulaciju optimalne nivoa emisije budući da ne postoji uobičajena tržišna inetrakcija ponude i potražnje između onih koji osiguravaju (nude) smanjenje emisija (radi njenog optimalnog nivoa) i onih koji zahtevaju (potražuju) čistu okolinu.

5. ZAKLJUČAK

Sa razvojem i unapređenjem saobraćaja i transporta, u savremenim uslovima, svet postaje jedno globalno selo. Sve naprednije i brže saobraćajne i transportne tehnologije dovode, u vremenskom pogledu, do prevazilaženje kako vremenske tako i prostorne distance između proizvodnje i potrošnje, u krajnjem slučaju do premošćavanja distance između ljudi. Savremena ekonomska nauka, paralelno sa zaokretom ka ekološkoj ekonomiji, prati i usmerava razvoj saobraćaja, podstičući i naglašavajući ulogu transporta u privrednim tokovima i njegovu poziciju u ugrožavanju životne sredine. Dakle, ekonomska nauka se jasno opredelila u smislu ocene i sagledavanja značaja, saobraćaja i transporta i ukupne prutne privrede u smislu da je njihov doprinos ekonomski merljiv, podložan oceni i upravljanju.

Literatura

KNJIGE I MONOGRAFIJE:

- [1] Banister, D. 2000. *Future of Transport*, Rics Research Foudation, London, 210 p.
- [2] Perić, T. Radačić, Ž. Šimulčik, D. 2000. *Ekonomika prometnog sustava*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 87 p.
- [3] Stošić Mihajlović, Lj. 2017. *Logistika u saobraćaju*, VŠPSS, 194 p.
- [4] Stošić Mihajlović, Lj., *Obnovljivi izvori energije*, VŠPSS, 2016.
- [5] Tovorović, V. 2000. *Saobraćaj i komunikacije*, Službeni glasnik, Beograd, 57p.
- [6] Vešović, V. Bojović, N. 2002. *Organizacija saobraćajnih preduzeća*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 127p.
- [7] Vešović, V. 2000. *Menadžment u Saobraćaju*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 92p.
- [8] Vukan, R. V. 2004. *Urban Transport – Operation, Planing and Economics*, New Jersy 2004.
- [9] Zečević, S.-Tadić, S. 2006. *Sity Logistika*, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 20 p.
- [10] Zelenika, R. 2005. *Logistički sustavi*, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka 57p.

- ČASOPIS:

- [11] Vukanović, S. 1995. Upravljanje saobraćajem, Nove tehnologije, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 18-22.

TRANSPORT U SISTEMU ZELENE LOGISTIKE

Predrag Mihajlović¹,

¹Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja, infrastrukture Republike Srbije, E - mail: predrag.mihajlovic@mgsi.gov.rs

Ljiljana Stošić Mihajlović²

²Visoka škola primenjenih strukovnih studija, Vranje E - mail: mihajlovicp@ptt.rs

Marija Mihajlović³

³Građevinsko arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

Rezime: Funkcija transporta u logističkom sistemu sastoji u kretanju robe od jednog do drugog ekonomskog procesa, tj. stvaranjem prostorne korisnosti. To znači da se transportom dopremaju sirovine i pomoćni materijali do mesta prerade (u proizvodni pogon), zatim se vrši premeštanje dobara u samoj proizvodnji, da bi se na kraju gotovi proizvodi i poluproizvodi saobraćajnim sredstvima dopremili na tržište. Takođe, transporto se osigurava i radna snaga za sve društvene i privredne delatnosti i kretanje stanovništva iz jednog u drugi kraj, iz bilo kojih razloga. Zbog te neposredne potrebe za premeštanjem predmeta rada, sredstava za rad, radne snage i proizvodnih dobara, transport se izdvaja u posebnu delatnost materijalne proizvodnje koju često nazivamo transportna industrija. Razvoj transportne industrije ubrzao je razvoj industrije uopšte kao i povezivanje sa drugim privrednim delatnostima, sa jedne strane, i sa svetskim tržištem, sa druge strane. Kod prevoza robe od proizvođača do potrošača primenjuje se niz varijanti za korišćenje različitih vidova prevoza. Elementi korišćenja procesa transporta, kao i heterogenost njegove organizacije, upućuju na zaključak da se transport ne može tretirati kao kontinualno integrisani proces robe. To, sa jedne strane, utiče na povećanje troškova transporta, a sa druge strane, ima uticaj i na druge elemente logistike. Očigledno je da su savremeni razvoj privrede, razvijena društvena i teritorijalna podela rada, zatim promene u aglomeraciji stanovništva i porastu društvenog standarda, usloveli sasvim nove zahteve u pogledu transportne usluge. Ove promene našle su svoj odraz u novoj tehnologiji, odnosno stalnom prilagođavanju novim zahtevima.

Ključne reči: saobraćaj, privreda, zelena logistika.

TRANSPORT IN THE GREEN LOGISTICS

Predrag Mihajlović¹

¹Ministry of Construction, Transport and Infrastructure of the Republic of Serbia

Dr Ljiljana Stošić Mihajlović²

² College of Applied Studies, Vranje, e-Mail: mihajlovicp@ptt.rs

Marija Mihajlović³

³Faculty of Civil Engineering, University of Niš

Abstract: The function of transport in the logistics system consists in the movement of goods from one economic process, ie. creating a spacious utility. This means that the transport of raw materials and auxiliary materials to the place of the processing (in a manufacturing plant), then carrying out a goods shifting on the fly, that is at the end of finished products and semi-traffic agent to reach the market. Also, transportation is provided and labor for all social and economic activities and population movements from one place to another, for whatever reason. Because of the immediate need to relocate the object of labor, means of labor, manpower and production goods, transport is allocated to a separate activity from material production, which is often called the transport industry. The development of the transport industry accelerated the development of the industry in general as well as connect with other economic activities, on the one hand, and the world market, on the other hand. The transport of goods from the producer to the consumer applies a set of options for the use of different transport modes. Elements use the transport process, as well as the heterogeneity of its organization, suggest that transport can not be treated as a continuous integrated process goods. This, on the one hand, affects the increase in transport costs, on the other hand, has an impact on other elements of logistics. It is obvious that modern economic development, developed social and territorial division of labor, then changes in agglomeration of population and the increase of social standards, caused quite new requirements in terms of transport services. These changes found their reflection in the new technologies we or constantly adapting to new requirements.

Keywords: traffic, economy, green logistics

1. UVOD

¹ Predrag Mihajlović, e-mail: predrag.mihajlovic@mgsi.gov.rs

Danas je teško zamisliti bilo koji sistem bez logističke podrške. Međutim, poznato je da je realizacija ključnih logističkih procesa vrlo često u suprotnosti sa zahtevima za zaštitu životne sredine. Postavlja se pitanje, da li možemo reći da smo napravili korak napred u odnosu na pet decenija unazad, a da pri tom znamo da nismo zaštitili ono što nam treba biti prioritet - životnu sredinu? Naravno da ne, jer logistika neće biti vredna nauka, neće biti umetnost sve do onog trenutka dok se ne pobrinemo da kraj sebe nosi jedan atribut, a to je "zelena". Onog trenutka, kada je odlučeno da se logistika razvija i unapređuje kao nauka napravljen je progres u svim poslovnim oblastima.

Na današnjem stepenu razvoja naučnih dostignuća poznato je da dokažemo da progres nije progres ako na bilo koji način ugrožava ono najbitnije – životnu sredinu, jer pred savremenim čovekom je postavljen izazov, a zove se zelena logistika.

Zelena logistika je u stvari koncept logistike koja na efikasan način obavlja svoje zadatke, a pritom posvećuje veliku pažnju sve aktuelnijem pitanju životne sredine. Danas kada nam prete razne opasnosti, uzrokovane našim lošim ophođenjem prema svetu koji nas okružuje, zelena logistika je potrebna i poželjnija više nego ikad. U poslednjim decenijama XX i prvim dekadama XXI veka, a tako će biti i u buduću što je sasvim izvesno, kao prioritetni problem na cijeloj našoj planeti izdvaja se zaštita životne sredine.

2. TEHNIČKA STRUKTURA TRANSPORTNIH SREDSTAVA PREMA ULOZI U PROCESU LOGISTIKE

Posmatrano iz aspekta makroorganizacije saobraćajnog sistema saobraćajni put i pokretna transportna sredstva predstavljaju dve komponente ukupnog transportnog kapaciteta u svakoj grani saobraćaja. Karakter saobraćajnog puta pruža osnovu za grupisanje saobraćajnih preduzeća po granama saobraćaja na preduzeća za:

- drumski saobraćaj
- železnički saobraćaj
- rečni i jezerski saobraćaj
- pomorski saobraćaj
- vazdušni saobraćaj
- saobraćaj cevovodima
- (PTT delatnost)

Tehnička struktura saobraćajnog puta određuje organizaciju saobraćaja i mogućnosti korišćenja saobraćajnog puta u svakoj saobraćajnoj grani, a samim tim i nosioce izgradnje i politike održavanja saobraćajne infrastrukture.

Prema tom osnovu, saobraćajne grane mogu se svrstati u dve grupe:

1. prvu grupu čine grane kod kojih saobraćajni put može da koristi samo jedno saobraćajno preduzeće kao komponentu svog transportnog kapaciteta, kao što su železnički saobraćaj i saobraćaj cevovodima (u literaturi takođe i PTT saobraćaj)
2. drugu grupu čine grane kod kojih saobraćajni put ima višestruku namenu i veći broj korisnika.

U prvoj grupi saobraćajnih grana saobraćajni put se nalazi u sastavu osnovnih sredstava saobraćajnog preduzeća. U železničkom saobraćaju, na primer, železničke pruge koriste samo železničke uprave, odnosno železničko-transportna preduzeća, a identična situacija je i u slučaju cevovoda.

U drugoj grupi saobraćajnih grana saobraćajni put ima više namena i više korisnika. U drumskom saobraćaju, na primer, saobraćaj na putevima može da organizuje svako saobraćajno preduzeće sa svojim kamionskim, tj. autobuskim kapacitetima, a puteve mogu da koriste i individualni korisnici putničkih automobila i svih vrsta vozila čije je kretanje dozvoljeno na odgovarajućoj kategoriji puta.

U rečnom, kao i u pomorskom saobraćaju, saobraćajni put ima još širu namenu. Pored toga što ga mogu koristiti sva saobraćajna preduzeća kao transportni kapacitet, plovni put može da služi i za razne oblike sportova, ribolov, melioraciju zemljišta, pokretanje hidroelektrana i sl.

U vazdušnom saobraćaju, vazdušne koridore i aerodromske kapacitete mogu da koriste sve avio-kompanije, kao i privatna lica sa svojim letelicama. Zbog toga su u svim ovim granama razdvojene funkcije organizacije upravljanja i održavanja saobraćajnog puta, tj. infrastrukture, s jedne strane, i organizacije saobraćajnih preduzeća koja taj saobraćajni put koriste, s druge. Odvojeno je takođe i vlasništvo nad infrastrukturom. Železnička preduzeća i preduzeća cevovoda snose sve troškove saobraćajnog puta kao sopstvenog transportnog kapaciteta. Nasuprot tome, preduzeća, odnosno korisnici saobraćajnog puta u ostalim granama saobraćaja plaćaju samo takse i naknade za korišćenje saobraćajnog puta.

Treba napomenuti, da iz ovih razlika u organizaciji korišćenja i upravljanja infrastrukturom proizilaze i razlike u ekonomiji saobraćajnih preduzeća po granama saobraćaja. Najizrazitije razlike javljaju se u strukturi fiksnih i varijabilnih troškova, ekonomskom položaju i ekonomskim uslovima konkurencije.

3. ZELENA ILI ODRŽIVA LOGISTIKA

Vizija logistike je razvijanje logistike održivog razvoja kao skupa logističkih aktivnosti koje osiguravaju istovremeno sinergijsko ostvarivanje privrednih i ekoloških ciljeva u skladu sa sve strožim ekološkim zakonima i sa zakonima za zaštitu potrošača. Strateški je usmerena na osiguranje najveće moguće razlike između pozitivnih i negativnih eksternih učinaka logističkih fenomena. Svest o zaštiti životne sredine polako se budi i čini se da konačno počinjemo da preduzimamo mere kako bi izbegli dalje uništavanje naše planete. Najveći teret će poneti realizacija najvažnijih logističkih procesa (transport, manipulisanje, skladištenje) zbog činjenice da su ovi procesi u suštini u velikoj suprotnosti sa osnovnim kodeksima životne sredine.



Slika 1. Veza ciljeva društva, ekonomije i životne sredine kroz održivu logistiku

4. PARADOKSI ZELENE LOGISTIKE U TRANSPORTNOM SISTEMU

Glavni paradoksi zelene logistike u transportnom sistemu vezani su za:

- cenu,
- odnos vreme/brzina.
- pouzdanost.

Svrha logistike je da smanji cenu, naravno samim tim i troškove prevoza. Pored toga, ekonomija vremena i poboljšanja u pouzdanosti usluga kao i fleksibilnost predstavljaju neke od ciljeva. Korporacije uključene u fizičku distribuciju ljudi i tereta podržavaju strategije koje im omogućavaju da smanje troškove prevoza u konkurentnom okruženju. U nekim slučajevima troškovi uštede mogu biti u suprotnosti sa ekološkim ciljevima. Ekološki razlozi se često marginalizuju. Ovo znači da korporacije usmeravaju svu svoju energiju ka ispunjenju potreba potrošača ne mareći o šteti koja se nanosi životnoj sredini. Društva u celini, a posebno mnogi pojedinci postaju sve manje voljni da prihvate cene održavanja programa koji brine o ekološkim problemima. Stoga se vrši ogroman napor i pritisak na vlade i kompanije.

Kada se posmatra odnos između vremena i brzine, treba istaći da u logistici vreme odnosno brzina je od neprocenljivog značaja. Smanjivanjem vremena povećava se brzina distributivnog sistema, a samim tim i njegova efikasnost. Ovo se postiže pomoću najviše zagađujućih i najmanje energetski-efikasnih vidova transporta. Značajno povećanje avio i drumskog transporta je delimično rezultat vremenskih ograničenja koja se nameću od strane logističkih aktivnosti. Vremenska ograničenja su rezultat povećanja industrijske fleksibilnosti proizvodnih sistema u sektoru maloprodaje. Danas logistika nudi razne opcije od-vrata-do-vrata (door-to-door) usluge preko JIT strategije (just-in-time, u pravo vreme) strategije. Drugi vidovi usluga ne mogu dovoljno efikasno zadovoljiti potrebe diktirane od strane tržišta i konkurencije. Ovo dovodi do stvaranja začaranog kruga: što se više ove strategije i tehnike primenjuju to su veće negativne posledice na životnu sredinu.

Kada se govori o pouzdanosti, sigurno da u srcu logistike je prevashodni značaj pouzdanosti servisa. Njen uspjeh se zasniva na mogućnosti da isporuči teret na vreme uz najmanje mogućnosti loma i oštećenja. Najmanje zagađujući vidovi transporta se generalno smatraju za najmanje pouzdane u smislu isporuke na vreme, loma i bezbednosti.

I još nešto: Pošto je transport treći najveći emitent CO₂, ima posebnu odgovornost da obezbedi mere za smanjenje emisije i održivi razvoj za budućnost.

5. GLAVNI PROBLEMI SAVREMENOG TRANSPORTA I LOGISTIČKE PODRŠKE

Nacionalna asocijacija Transporta i logistike naglašava i manjak adekvatnih kadrova, nedostatak povoljnijih kredita za investiciona ulaganja, veliku konkurenciju, nedovoljno razvijenu distributivnu mrežu, zakonska ograničenja, kao i ograničenja u tumačenjima i primeni propisa, kao glavne akategorije problema sa kojima se suočava savremeni transport i logistika.

Pored toga, naše domaće logističke kompanije suočene su sa velikom konkurencijom koju nameću vodeći svetski i evropski logistički provajderi.

Kako sa aspekta zahteva, tehnologije rada, tako i sa aspekta komercijalnih uslova poslovanja. Nakon velike krize koja se i kod nas osetila počevši od 2008. godine, svi poslovni činioци posvetili su veliki deo svojih aktivnosti smanjivanju troškova logistike. Taj trend je i dalje aktuelan sa izgledima daljeg smanjenja cena. Kako bi se održale na tržištu, domaćim kompanijama ostaje da se dodatnim investicijama i optimizacijom procesa izbore za povećanje tržišnog udela.

Rešenje ovih problema se vidi u dva pravca:

1. Jedan pravac je zajedničko delovanje stručnih, strukovnih i komorskih udruženja sa zahtevima za uprošćavanje procedura i postupaka kod nadležnih državnih organa.
2. Drugi pravac je ubrzano delovanje samih privrednih entiteta na racionalizaciji rada, ujedinjenju na zajedničkim projektima, zajedničkim nastupom kod banaka i ostalih finansijskih institucija, omogućavanju usavršavanja svojih kadrovskih i razvoj novih IT tehnologija, kao i specijalizaciju za određene poslove i procedure.

Između ostalog, problem je vidljiv u velikoj konkurenciji logističkih kompanija u i dalje slaboj privrednoj aktivnosti. "Velika ponuda logističkih i transportnih kompanija i relativno mali obim tokova uvoza i izvoza kod nas, neloyalna konkurencija i lobistički pristup na tržištu, često teraju kompanije da pružaju usluge i posluju na granici ekonomičnosti. To ima za posledicu niži nivo kvaliteta usluge i neadekvatan razvoj logističkih rešenja i usluga.

Kako bi odgovorile na zahteve za što nižim cenama usluga, a u borbi za sopstveni profit, logističke kompanije, moraju da racionalizuju sopstveno poslovanje, da uvedu savremena IT rešenja i da se pripreme za promene u ekonomiji koje već stižu kod nas. Na primer, ranije su bili dominantni masovni tereti i veće količine isporuke robe u međunarodnim tokovima, dok danas uvoznici i izvoznici zahtevaju manje i češće partije isporuke. Teže da izbegnu velike zalihe i smanje troškove čuvanja robe, ali i eventualne negativne posledice koje mogu nastati zbog neizvesne i nepouzdanje tražnje.

Potrebno je ukazati i na sve veću potrebu logistike u onlajn trgovini. Brz razvoj onlajn prodaje, logistiku stavlja pred nove izazove. Gledajući futuristički, onlajn prodaja proizvoda promeniće ulogu i strukturu tradicionalne trgovine. U vremenu kada se proizvođač i potrošač mogu naći na elektronskom tržištu i obaviti prodajnu transakciju, postavlja se pitanje koje je tu mesto trgovaca kao posrednika. Može se čuti da će klasična trgovina vremenom nestati, da će biti dovoljni proizvođač, potrošač i logističar, koji će realizovati distribuciju proizvoda - sa mesta proizvodnje do mesta potrošnje.

6. ZAKLJUČAK

U okviru procesa društvene reprodukcije transportni sistem predstavlja transportnu industriju, kao samostalnu oblast proizvodnje usluga. Organizacija robnog saobraćaja u logističkom sistemu fizičke distribucije samo je jedan odeljak organizacije saobraćaja.

Sledeću kategoriju predstavlja „transport ljudi“, tj. proizvodnja usluga putničkog saobraćaja, odnosno organizacija putničkog saobraćaja. Kada se upotrebljava pojam „transportna industrija“ onda se pod njim podrazumeva transportovanje robe i/ili ljudi i odnosi se na robni i/ili putnički saobraćaj. U ukupnom transportnom sistemu putnički saobraćaj ima, u organizacionom smislu, svoj poseban sadržaj i značaj. Može se posmatrati sa stanovišta makrologistike i mikrologistike i segmentirati prema različitim kriterijima u posebne logističke podsisteme organizacije.

Oni koji se bave logistikom kao praksom ili, što je jednako važno i za one koji se bave logistikom kao naukom, moraju imati na umu da je vizija logistike osim zadovoljenja potrošača, sinergija između logističkih jedinica i životne sredine. Za rešavanje svakog problema jako je bitno razumevanje i sagledavanje uz

odgovoran pristup problem sa svih strana. Stoga je potrebno raditi na načinima podizanja svesti svake kompanije kako o problemu životne sredine tako i o načinima za rešavanje. Društveno odgovorne kompanije predstavljaju prototipove modernog poslovanja, one takođe daju inovativne ideje i svojim primerom pokazuju koliko je bitno živeti u skladu sa svetom koji nas okružuje. Već je sada sasvim izvesno da će svaka kompanija u budućnosti imati poseban sektor ili bar odeljenje koje će se baviti životnom sredinom i koja će sprovesti istraživanja o zagađenjima koje su prouzrokovana od strane te kompanije. To će dati određena saznanja o negativnim konotacijama poslovanja, ali i znanja o delovima na koje je potrebno usmeriti pažnju. Pored toga, stimulatивно je i saznanje da postoje nagrade i priznanja koje se daju kompanijama koje pokažu najveći napredak ili učine najveći napor u propagandi zelene logistike. Tu je i uvek aktuelno pitanje riversnog kretanja, tj. povratne logistike. Instalacijom pravih alata povratna logistika bi mogla omogućiti značajne prednosti i ostvariti pozitivne efekte za kompaniju i društvo u celini.

Literatura

- KNJIGE I MONOGRAFIJE:

[3] Kolarić, V. 2007. *Menadžmet u saobraćaju*, Beograd, 72 p.

[3] Regodić, D. 2014. *Logistika – lanci snabdevanja*, Univerzitet Singidunum, Beograd. 47 p.

[4] Rodrig Ž., Slek B, Komtoa K. 2001. *Green logistics*, Handbook of logistics and supply chain management, 215 p.

[5] Stošić Mihajlović, Lj. 2017. *Logistika u saobraćaju*, VŠPSS, Vranje, 91 p.

- ČASOPIS:

[1] Haw W., Dunn. S., 1995. Environmentally responsible logistics systems, *International Journal of Physical*: 17-22.

- INTERNET:

[1] www.dbschenker.com (30.03.2004)

[2] www.well.org.rs (12.04.2004)

[3] www.nationmaster.com (15.04.2004)

[4] www.ekoklubzeljin.org.rs (12.04.2004)

НОВИ МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУП ИЗРАДИ И СПРОВОЂЕЊУ ПРОСТОРНОГ ПЛАНА ПОСЕБНЕ НАМЕНЕ НА ПРИМЕРУ ИНФРАСТРУКТУРНОГ КОРИДОРА АУТО-ПУТА Е-80, ДЕОНИЦА НИШ-МЕРДАРЕ

др Небојша Стефановић¹, Олгица Бакић², др Саша Милијић³

^{1,2,3}Институт за архитектуру и урбанизам Србије, nebojsa@iaus.ac.rs

РЕЗИМЕ

Просторни план подручја посебне намене представља основни инструмент у процесу планирања инфраструктурног коридора ауто-пута. Циљ израде плана јесте дефинисање планског основа и обезбеђење просторних услова за изградњу и функционисање ауто-пута, као и за развој других инфраструктурних система у коридору. У раду је приказана методологија и приступ изради Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш Мердаре. Анализиране су основне специфичности које су резултат примењене методологије, као што су обухват, концепција развоја, појаси и режими заштите, размештај пратећих садржаја, правила уређења и грађења и др. Посебно је наглашена методологија и резултати Стратешке процене утицаја Просторног плана на животну средину, као и значај прописаних мера заштите. Презентован је оквир имплементације Просторног плана одређен истовременом разрадом планских решења на два нивоа, и то стратешком нивоу просторног плана и детаљном нивоу урбанистичког плана. Анализиран је и однос Просторног плана према другим важећим планским документима за планско подручје. Кроз закључке рада указано је на правац даљих истраживања, нарочито у погледу усаглашавања методологије израде планске и техничке документације.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: просторни план, методологија, коридор, ауто-пут, утицај, окружење.

NEW METHODOLOGICAL APPROACH TO THE ELABORATION AND IMPLEMENTATION OF THE SPATIAL PLAN FOR THE SPECIAL PURPOSE AREA: CASE-STUDY OF INFRASTRUCTURE CORRIDOR OF HIGHWAY E-80, SECTION NIŠ-MERDARE

Nebojša Stefanović PhD, Olgica Bakić², Saša Milijić PhD³

^{1,2,3}Institute of Architecture and Urban/Spatial Planning of Serbia, nebojsa@iaus.ac.rs

ABSTRACT

Spatial plan of the special purpose area constitutes a basic tool in the planning of infrastructure corridor of a highway. The aim of the plan is to define the planning basis and provision of spatial conditions for the construction and operation of the highway, as well as for developing other infrastructure systems in the corridor. This paper presents a methodology and approach to preparation of the Spatial Plan for the special purpose area for the infrastructure corridor of the highway E-80, Section Niš-Merdare. As a result of the applied methodology, this paper analyzes the basic features such as coverage, the concept, protected zones, service facilities and objects, the rules of development and construction, etc. Special emphasis is placed to methodology and results of the Strategic Environmental Assessment of the Spatial Plan, and to the importance of protection measures. The framework of implementation of the Spatial Plan is presented, which is determined for simultaneous elaboration of planning solutions at two levels: the strategic level of spatial plan and detailed urban plan level. It is also analyzed the relationship of the Spatial Plan to other applicable planning documents for the planning area. By the conclusions of the paper it is pointed to direction for further research, particularly in terms of harmonizing methodology of planning documentation and preparation of technical documentation.

KEY WORDS: spatial plan, methodology, corridor, highway, impact, environment.

¹ Аутор за кореспонденцију: др Небојша Стефановић, nebojsa@iaus.ac.rs

1. УВОД

Просторни план Републике Србије као један од основних циљева просторног развоја дефинише развој путног саобраћаја и путне инфраструктуре, на начин који омогућава одрживу мобилност становништва и пружа подршку убрзаном развоју и конкурентности Републике Србије у окружењу. Тај циљ је подржан кроз дефинисање основних планских решења на изградњи путне мреже и одређивање приоритета у комплетирању мреже ауто-путева у Републици Србије. Један од приоритета јесте и инфраструктурни коридор ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре.

Просторни план подручја посебне намене представља основни инструмент у процесу имплементације Просторног плана Републике Србије и даљег планирања инфраструктурног коридора ауто-пута. Циљ израде плана јесте дефинисање планског основа и обезбеђење просторних услова за изградњу и функционисање ауто-пута, као и за развој других инфраструктурних система у коридору.

Израда просторних планова подручја посебне намене за инфраструктурне коридоре ауто-путева је одређена основним правним и планским оквиром који чине Закон о планирању и изградњи, Закон о јавним путевима, Закон о Просторном плану Републике Србије, Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину и Правилник о садржини, начину и поступку израде докумената просторног и урбанистичког планирања.

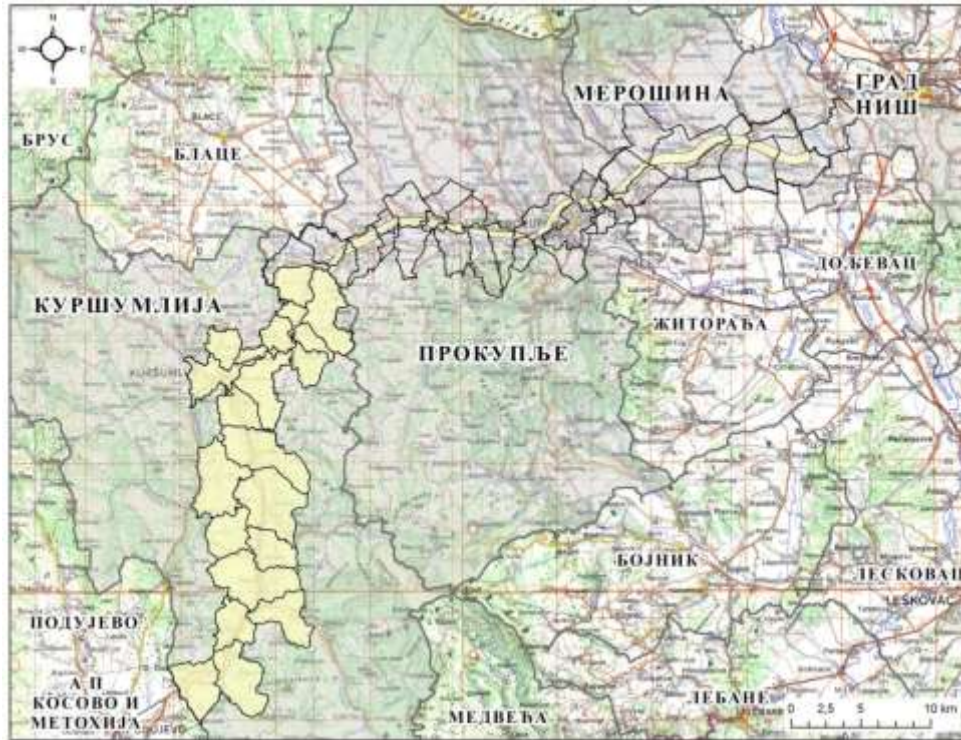
Чињеница да су за готово све постојеће и планиране коридоре ауто-путева у Србији урађени и донети просторни планови подручја посебне намене указује на значајна искуства у њиховом планирању. Међутим, пракса израде планова истовремено отвара и бројна питања и указује на проблеме које је неопходно решити у наредном периоду, као што су однос планирања и пројектовања и усаглашавање процеса израде планске и техничке документације, однос просторних планова са планским документима на локалном нивоу, адекватно сагледавање утицаја коридора ауто-пута на окружење, заштита животне средине и бројни други. Последњих година посебно се наглашава потреба директног спровођења просторних планова, односно израда елемената детаљне регулације у просторном плану, чиме се ствара основ за издавање локацијских услова за потребе даљег пројектовања, утврђивање јавног интереса и решавање имовинских односа.

Због тога је неопходно унапредити досадашњу методологију израде просторних планова подручја посебне намене за инфраструктурне коридоре ауто-путева. У овом раду се презентује „нови“ методолошки приступ у изради и спровођењу Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре (у даљем тексту: Просторни план), примењен са циљем унапређења праксе израде просторних планова, али и отварања појединих општих и теоријских питања планирања инфраструктурних коридора и усмеравања даљих истраживања. Истовремено, износе се и основне специфичности Просторног плана које су настале као резултат примењене методологије, а посебно оне везане за спровођење стратешке процене утицаја на животну средину, мере заштите и имплементацију планских решења.

2. МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУП ИЗРАДИ ПРОСТОРНОГ ПЛАНА ПОДРУЧЈА ПОСЕБНЕ НАМЕНЕ ИНФРАСТРУКТУРНОГ КОРИДОРА АУТО-ПУТА Е-80, ДЕОНИЦА НИШ-МЕРДАРЕ

Коридор ауто-пута Е-80, деоница Ниш–Мердаре, пролази кроз територију јединица локалне самоуправе Мерошина, Прокупље и Куршумлија и укупне је дужине 77 km. У односу на обухват Плана и ниво разраде планских решења подељен је на два сектора. На Сектору 1 коридора (km 0+000 – km 39+419) границу Плана чини коридор ауто-пута ширине 700 m (по 350 m од осе коридора ауто-пута), који обухвата појас ауто-пута, заштитни појас и појас контролисане изградње (изузев у појединим деловима грађевинског подручја где је граница Плана одређена границом заштитног појаса ширине око 220 m). На Сектору 2 коридора (km 39+419 – km 77+000) граница Плана је одређена границама катастарских општина кроз које пролази коридор ауто-пута. Просторним планом обухваћени су постојећи и планирани коридори других магистралних инфраструктурних система са трасом и заштитним појасима (непосредним и ширим) који су у обухвату планског подручја.

Нови методолошки приступ изradi и спровођењу Просторног плана подручја посебне намене на примеру инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре



Слика 1. Обухват Просторног плана

(извор, Нацрт Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

Сагледавање обухвата Просторног плана (Слика 1) и одређивање граница на два начина у зависности од потребног нивоа разраде планских решења представља новину у пракси планирања. Потреба за дефинисањем елемената детаљне регулације у крупној размери са једне стране, и покривеност простора већим бројем планских докумената са друге стране (регионални просторни план, просторни планови јединица локалне самоуправе, урбанистички планови и др.), оправдали су сужавање границе Просторног плана за Сектор 1 на сам коридор ауто-пута и њено одређивање аналитичким тачкама. Такав приступ је био могућ, имајући у виду припремљена и расположива прецизна идејна решења трасе и објеката ауто-пута.

Међутим, такав приступ није био могућ приликом одређивања границе Плана за Сектор 2, за који су припремљена само стратешка решења на нивоу Претходне студије оправданости и Генералног пројекта, те је граница одређена границама катастарских општина, што је уједно и случај са свим просторним плановима подручја посебне намене припреманим у досадашњој пракси планирања у Србији.

Израда Просторног плана и концепција изградње и развоја ауто-пута и магистралних инфраструктурних система у коридору базирана је на два основна *принципа одрживог развоја*, и то: 1) *принципу одрживог развоја инфраструктуре* чијом применом се подстиче равномеран просторни развој, кроз стварање услова за повезивање неразвијених и изолованих подручја са већим насељима и омогућавање њиховог приступа магистралним инфраструктурним системима. У циљу постизања уравнотеженог просторног развоја подразумева побољшање веза између малих градова и руралних области са транс-европским мрежама и саобраћајним центрима, као и активности на повећању регионалне доступности кроз остваривање недостајућих унутеррегионалних веза; и 2) *принципу смањивања штетног утицаја на животну средину* који подразумева сагледавање квалитета животне средине и дефинисање планских решења којима се она штити од негативних утицаја. При томе је потребно базирати концепт заштите на превенцији и заштити од негативних утицаја који могу настати изградњом ауто-пута и одвијањем саобраћаја, као и функционисањем других магистралних инфраструктурних система у коридору. Примена принципа мора предупредити или ублажити различите врсте штетних утицаја по животну средину, првенствено у погледу заштите од буке, заштите

Небојша Стефановић, Олгица Бакић, Саша Милијић

и смањивања емисије штетних гасова и спречавања и смањивања могућих штетних утицаја на животну средину приликом акцидентата у коридору.

Просторни план у текстуалном и графичком делу садржи све прописане елементе, при чему се у овом раду износе и коментаришу само основни елементи настали као резултат примењене методологије, а од посебног значаја за сагледавање утицаја коридора на окружење, заштиту животне средине и имплементацију планских решења.

Просторним планом се утврђује коридор ауто-пута у укупној ширини од 700m. У коридору ауто-пута налазе се следећи *појаси заштите* (Слика 2), и то:

- 1) *Појас ауто-пута (ауто-путно земљиште)* – чини земљиште потребно за изградњу ауто-пута, петљи, денивелисаних укрштања и пратећих садржаја. Појас ауто-пута се утврђује као земљиште јавне намене и има ширину од 70 m до 150 m, у зависности од конфигурације терена и услова за изградњу објеката ауто-пута. Граница појаса ауто-пута јесте уједно и регулациона линија;
- 2) *Заштитни појас* – чини земљиште за које се одређује строго контролисани режим коришћења (обострано) у циљу заштите функције ауто-пута. Заштитни појас се утврђује као земљиште остале намене и има ширину од 75 m од границе појаса ауто-пута. У зонама петљи, пратећих садржаја и појединих објеката ауто-пута заштитни појас се сужава до ширине од око 40 m. Граница заштитног појаса јесте уједно и граница детаљне регулације (за Сектор 1);
- 3) *Појас контролисане изградње* – чини земљиште у режиму контролисане градње и заштите животне средине (обострано). Појас контролисане изградње се утврђује као земљиште остале намене и има ширину од 200 m до 240 m од границе заштитног појаса. Граница појаса контролисане изградње јесте уједно и граница Просторног плана (за Сектор 1).

Просторним планом су успостављени *режим коришћења и уређења простора* у коридору ауто-пута, и то за:

- 1) *Појас ауто-пута* - успоставља се режим забране изградње свих објеката који нису у функцији изградње трасе и објеката ауто-пута, петљи, денивелисаних укрштања и пратећих садржаја ауто-пута.
- 2) *Заштитни појас* - успоставља се режим строго контролисаног коришћења простора, којим се:
 - забрањује отварање рудника, каменолома и депонија комуналног и другог отпада;
 - дозвољава изградња, односно постављање водовода, канализације и других објеката техничке инфраструктуре;
 - не дозвољава се изградња нових објеката, изузев објеката коју су у функцији ауто-пута, а простор се може користити као шумско и пољопривредно земљиште; и
 - на грађевинском, шумском и пољопривредном земљишту дозвољава се реконструкција и санација постојећих објеката, без могућности промене габарита и волумена, уколико не угрожавају функцију ауто-пута и уколико техничким решењима може да се обезбедити адекватна заштита од негативних утицаја ауто-пута (од буке, вибрација и аерозагађења);
 - за све постојеће стамбене објекте, обавезна је адекватна заштита од негативних утицаја ауто-пута (од буке, вибрација и аерозагађења).
- 3) *Појас контролисане изградње* - успоставља се режим контролисаног коришћења простора, којим се:
 - не дозвољава изградња депонија комуналног и другог отпада, рудника, каменолома, кречана, циглана, сточних пијаца, кванташких пијаца и других објекти за која се ограничења утврде у складу са посебним прописима;
 - дозвољава развој постојећих и нових активности које нису у колизији са функционалним и техничким захтевима постојећих и планираних саобраћајних и техничких инфраструктурних система од националног и регионалног значаја;
 - за проширење и реконструкцију постојећих и изградњу планираних производних, складишних, дистрибутивних, услужно-трговинских и других капацитета утврђује обавеза израде процене утицаја на животну средину, којом ће се, поред прописаног садржаја, обухватити и утицаји тих објеката на и од ауто-пута, с тим да трошкове спровођења свих мера заштите животне средине сноси инвеститори тих објеката;
 - приоритет у коришћењу простора обухваћених делова постојећих и планираних индустријских зона даје складишним капацитетима, логистичким центрима, комерцијално-прометним и саобраћајним услугама, регионалним трговинским центрима и сличним садржајима.

Нови методолошки приступ изradi и спровођењу Просторног плана подручја посебне намене на примеру инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре



Слика 2. Шематски приказ попречног профила коридора ауто-пута

(извор, Нацрт Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

Одређивање појаса заштите и режима коришћења и уређења простора указује на нови методолошки приступ примењен у изradi овог просторног плана, првенствено са циљем да се постигне компромис у просторном развоју између функција ауто-пута и других функција у простору, као и да се уважи затечено стање, нарочито у погледу изграђености у простору. Заштитни појас од 75m и појас контролисане изградње од 200 до 240m су одређени у знатно већој ширини од минималне ширине прописане Законом о јавним путевима од 40m. Тиме се поставља строжији услов и ограничава начин коришћења у ширем простору. На пример, у заштитном појасу се не дозвољава изградња нових објеката, изузев објеката коју су у функцији ауто-пута, а простор се може користити као шумско и пољопривредно земљиште. Међутим, истовремено се уважава постојеће стање и изграђеност у простору, те се дозвољава реконструкција и санација постојећих објеката, без могућности промене габарита и волумена, уколико не угрожавају функцију ауто-пута и уколико техничким решењима може да се обезбеди адекватна заштита од негативних утицаја ауто-пута. На тај начин се дефинише планско решење које уважава и омогућава под одређеним условима постојеће функције у простору (становање, привреда и др.), док истовремено уводи забрану и строжије режиме за нове активности и функције, и то у ширем простору.

У Просторном плану је описан *план веза коридора ауто-пута са окружењем* преко планираних петљи и описан је *алтернативни путни правац* коридору ауто-пута, на коме ће бити могуће одвијање саобраћаја без наплате путарине. Међутим, специфичност примењене методологије јесте да су, на основу Генералног пројекта и идејних решења, детаљно дефинисани и аналитички одређени сви објекти ауто-пута, укључујући планиране петље (7), денивелисана укрштања са путном мрежом (45) и укрштања са другим инфраструктурним системима и административним границама (206).

Уз уважавање основних критеријума функционалности и безбедности, Просторним планом је одређен број, просторни распоред, површина, садржај и правила уређења и грађења за *пратеће садржаје ауто-пута*, и то:

- 1) *функционалне пратеће садржаје* - за одржавање, управљање и обезбеђење бржег, сигурнијег, удобнијег и поузданијег транспорта робе и људи на ауто-путу: а) базе за одржавање пута Прокупље и Куршумлија, б) објекти контроле и управљања Божурна и Рачково брдо; и в) објекти наплате путарине (чеона наплатна места Мерошина и Мердаре и бочна наплатна места);
- 2) *пратеће садржаје за потребе корисника у саобраћају*:
 - а) *одморишта*,
 - одмориште „Мерошина“ (тип О2) обострано, на стационажи км 3+250, површине 3,49 ха (десно) и 3,49 ха (лево), са бензинском станицом типа II;
 - одморишта „Југ Богдановац“ (тип О1), обострано, на стационажи км 13+050, површине 3,27 ха (десно) и 3,35 ха (лево), са бензинском станицом типа I;

Небојша Стефановић, Олгица Бакић, Саша Милијић

- одмориште „Белољин“ (тип О1), обострано, на стационажи km 37+800, површине 3,99 ha (десно) и 4,38 ha (лево), са бензинском станицом типа I;
 - одмориште „Куршумлија“ (тип О2), обострано, на оријентационој стационажи km 51+500, са бензинском станицом типа II.
- б) *услужни центар* „Прокупље“ обострано, на стационажи km 28+150, површине 5,34 ha (десно) и 5,16 ha (лево), са мотелом типа II и бензинском станицом типа II.

Посебан део Просторног плана представљају правила уређења и грађења објеката ауто-пута и пратећих садржаја, што одређује и модел имплементације овог плана (Stefanović et al, 2015). За разлику од досадашње праксе израде сличних планова, у овом просторном плану су дефинисана правила у потпуности на нивоу урбанистичког плана, што значи да обухватају све елементе потребне за издавање локацијских услова, као што су, поред техничких стандарда и норматива, и намена и услови за формирање грађевинске парцеле, положај објеката на парцели, индекси заузетости, висине венца објеката и коте приземља, архитектонско обликовање, услови за приступ парцели и др. На пример, за потребе изградње станица за снабдевање горивом основна правила су: комерцијална основна намена; један улив/излив на парцелу; грађевинска линија објеката према ауто-путу на растојању не мањем од 40m од спољне ивице земљишног појаса ауто-пута; максимални индекс заузетости 10%; максимална спратност приземље, максимална висина венца објекта 5m од коте приступне саобраћајнице и максимална висина надстрешнице 6m; удаљење објеката од бочне и задње границе парцеле износи минимум једну висину објекта (1h); и др.

3. СТРАТЕШКА ПРОЦЕНА УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ И МЕРЕ ЗАШТИТЕ

У Извештају о стратешкој процени утицаја Просторног плана на животну средину анализирано је постојеће стање животне средине, значај и карактеристике Просторног плана, карактеристике утицаја планираних садржаја и друга питања и проблеми заштите животне средине, у складу са критеријумима за одређивање могућих значајних утицаја Просторног плана на животну средину, а узимајући у обзир планиране намене.

За вредновање је коришћена мултикритеријумска експертска евалуација (семиквантитативан метод) планских решења у односу на постављене циљеве стратешке процене утицаја и релевантне индикаторе за њихову оцену, засноване на основном сету индикатора одрживог развоја и Правилнику о националној листи индикатора заштите животне средине (Josimović et al, 2015). Укупно је вредновано 11 планских решења, у односу на 10 циљева Стратешке процене и 16 припадајућих индикатора. Акцент у процесу вредновања планских решења посвећен је анализи њиховог утицаја на потенцијално најосетљивије чиниоце животне средине на конкретном простору, а посебно утицају буке и аерозагађења на становништво и природне вредности подручја.

За циљеве стратешке процене одабрани су: 1) заштита квалитета ваздуха; 2) унапређење квалитета подземних и површинских вода; 3) очување пољопривредног и шумског земљишта; 4) заштита биодиверзитета; 5) очување и унапређење предела; 6) очување природних добара; 7) очување културних добара; 8) смањивање утицаја на становништво, насеља и објекте; 9) подстицање економског развоја и запослености; и 10) заштита од акцидената.

Евалуација планских решења је обухватила значај и величину (Табела 1), просторне размере (Табела 2) и вероватноћу (Табела 3) утицаја планских решења на животну средину, односно дефинисане циљеве стратешке процене.

Табела 1. Критеријуми за вредновање величине утицаја.

Величина утицаја	Ознака	Опис
Критичан	- 3	Преоптерећује капацитет простора
Већи	- 2	У већој мери нарушава животну средину
Мањи	- 1	У мањој мери нарушава животну средину
Нема утицаја	0	Нема утицаја на животну средину
Позитиван	+ 1	Мање позитивне промене у животној средини
Повољан	+ 2	Повољне промене квалитета животне средине
Врло повољан	+ 3	Промене битно побољшавају квалитет живота

Нови методолошки приступ изради и спровођењу Просторног плана подручја посебне намене на примеру инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре

(извор, Стратешка процена утицаја Нацрта Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, на животну средину, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

Табела 2. Критеријуми за вредновање просторних размера могућих утицаја.

Значај утицаја	Ознака	Опис
Регионални	Р	Могућ утицај на регионалном нивоу
Општински/градски	О	Могућ утицај на подручју града/општине
Локални	Л	Могућ утицај локалног карактера

(извор, Стратешка процена утицаја Нацрта Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, на животну средину, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

Табела 3. Критеријуми за вредновање вероватноће утицаја.

Вероватноћа	Ознака	Опис
100%	И	утицај изванредан
више од 50%	В	утицај вероватан
мање од 50%	М	утицај могућ

(извор, Стратешка процена утицаја Нацрта Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, на животну средину, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

Поред наведених критеријума, додатни критеријуми су изведени према времену трајања утицаја, односно последица. У том смислу дефинисани су привремени-повремени (П) и дуготрајни (Д) ефекти.

Један од основних задатака Стратешке процене је идентификација стратешки значајних утицаја планских решења на животну средину (Logo et al, 2014). У том контексту, усвојено је да су утицаји од стратешког значаја за предметни план они који имају јак или већи (позитиван или негативан) ефекат на целом подручју плана (регионални ниво), на нивоу општине/града, или на локалном нивоу, према критеријумима у табели 4 (Josimović et al, 2016).

Табела 4. Критеријуми за евалуацију значаја утицаја.

Размере	Величина		Ознака значајних утицаја
Регионални ниво: Р	Јак позитиван утицај	+3	Р +3
	Већи позитиван утицај	+2	Р +2
	Јак негативан утицај	-3	Р -3
	Већи негативан утицај	-2	Р -2
Општински ниво: О	Јак позитиван утицај	+3	О +3
	Већи позитиван утицај	+2	О +2
	Јак негативан утицај	-3	О -3
	Већи негативан утицај	-2	О -2
Локални ниво: Л	Јак позитиван утицај	+3	Л +3
	Већи позитиван утицај	+2	Л +2
	Јак негативан утицај	-3	Л -3
	Већи негативан утицај	-2	Л -2

(извор, Стратешка процена утицаја Нацрта Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, на животну средину, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

На основу дефинисаних група критеријума из табела 1-4 извршена је евалуација планских решења предметног плана и идентификација стратешки значајних утицаја на животну средину и елементе одрживог развоја, односно на циљеве и индикаторе Стратешке процене. Сублимација резултата приказана је у табели 5.

Табела 5. Идентификација стратешки значајних утицаја планских решења на животну средину и одрживи развој.

ПЛАНСКО РЕШЕЊЕ	Идентификација и евалуација стратешких утицаја		Образложење
	Циљ СПУ	Ранг	
Деоница 1 (km 0+000 – km 5+500) – постојећа петља „Мерошина (Прокупље)“ (Е-75) – петља „Мерошина-исток“	9	+3/Р/М/Д	Могући су јаки позитивни утицаји на регионалног карактера, али и локалног у смислу развоја насеља која се налазе у контактної зони ове деонице планираног аутопута.
Деоница 2 (km 5+500 – km 14+284) – петља „Мерошина-исток“ – петља „Прокупље-исток“	9	+3/Р/М/Д	Могући су јаки позитивни утицаји на регионалног карактера, али и локалног у смислу развоја насеља која се налазе у контактної зони ове деонице планираног аутопута.
Деоница 3 (km 14+284 – km 27+096) – петља „Прокупље-исток“ - петља „Прокупље-запад“	1	-2/О/В/П	Очекују се јаки позитивни утицаји на развој Прокупља повезивањем са аутопутем Е75. Због близине урбаног подручја могуће је повремено повећање загађујућих материја у ваздуху и повећање интензитета буке. У случају акцидентних ситуација могућ је утицај на становништво, насеља и објекте.
	8	-2/О/В/Д	
	9	+3/Р/В/Д	
	10	-2/О/М/П	
Деоница 4 (km 27+096 – km 32+650) – почиње у долини реке Топлице по изласку коридора ауто-пута из грађевинског подручја Прокупља – петља „Белољин“	9	+3/Р/М/Д	Могући су јаки позитивни утицаји на регионалног карактера, али и локалног у смислу развоја насеља која се налазе у контактної зони ове деонице планираног аутопута.
Деоница 5 (km 32+650 – km 39+419) – петља „Белољин“ – профил Плочник	9	+3/Р/М/Д	Могући су јаки позитивни утицаји на регионалног и локалног у смислу развоја насеља која се налазе у контактної зони ове деонице планираног аутопута.
Деоница 6 (km 39+419 – km 77+000) – профил Плочник – административни прелаз „Мердаре“.	9	+3/В/М/Д	Очекују се јаки позитивни утицаји на развој Куршумлије повезивањем са аутопутем Е75. Утицај акцидента може бити значајан због проласка дела трасе крод подручје Радан планине које је у поступку заштите и због близине насеља.
	10	-2/О/М/П	
Заштита природе и природних добара	4	+2/Р/М/Д	Могуће је остварити значајне позитивне утицаје на биодиверзитет, природу и природна добра спровођењем дефинисаних мера заштите.
	6	+3/Р/М/Д	
Заштита непокретних културних добара	7	+3/Р/М/Д	Могуће је остварити значајне позитивне утицаје на заштиту непокретних културних добара спровођењем дефинисаних мера заштите.
Заштита животне средине	6	+3/Р/М/Д	Могућа је ефикасна заштита природних и непокретних културних добара, као и заштита становништва пре свега од повећаног нивоа буке, спровођењем дефинисаних мера заштите.
	7	+3/Р/М/Д	
	8	+2/Р/М/Д	
Мере заштите од удеса, мере заштите у ванредним ситуација	6	+2/Л/М/П	Могући су позитивни утицаји спровођења мера заштите од удеса и мера у ванредним ситуацијама, које би допринеле заштити становништва и природних добара на планском подручју.

(извор, Нацрт Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, фебруар 2017.год.)

Нови методолошки приступ изради и спровођењу Просторног плана подручја посебне намене на примеру инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре

Резимирајући утицаје планских решења на циљеве СПУ, може се констатовати да ће реализација планираног ауто-пута произвести позитивне и негативне утицаје на планском подручју. Негативни утицаји су према критеријумима за вишекритеријумску евалуацију планских решења у већини окарактерисани као мали и локалног су карактера, односно нису оцењени као стратешки значајни. Ради се доминантно о утицајима који се односе на могуће повећање загађујућих материја у ваздуху и повећање интензитета буке, односно могућем излагању становништва овим утицајима на деоницама где ауто-пут пролази у близини насеља или стамбених објеката (Прокупље, Куршумлија и мања сеоска насеља и објекти у близини трасе ауто-пута.). Једине негативне, стратешки значајне, утицаје могуће је очекивати на Сектору 1 Деоници 3 (утицаји на квалитет ваздуха, изложеност становништва повећаном интензитету буке и утицаји у случају акцидента), јер ова деоница пролази кроз урбано подручје Прокупља, као и на Деоници 6 где у случају акцидента може доћи до негативних утицаја на становништво (Куршумлија) и природне вредности (Радан планина). С друге стране, могуће је очекивати јаке стратешки значајне позитивне утицаје сваког планско решења на циљеве СПУ. Посебно се издвајају позитивни утицаји на подстицање економског развоја читавог планског подручја кроз повезивање ове територије са ауто-путем Е-75, чиме се повећава доступност и стварају предуслови за инвестиције и економски развој. Реализацијом мера заштите природе, природних вредности, непокретних културних добара и животне средине ствара се могућност превентивне, али и активне заштите. Такође, њима се релативизују сви процењени негативни утицаји планских решења на циљеве животне средине, а утврђују идентификовани позитивни утицаји, што је са аспекта свеукупног утицаја Просторног плана на животну средину од изузетног значаја.

Да би позитивни плански утицаји остали у процењеним оквирима који неће оптеретити капацитет простора, а могући негативни ефекти планских решења максимално умањили, дефинисане су и таксативно наведене мере/смернице заштите које је потребно спроводити у процесу имплементације плана и кроз пројектну документацију и изградњу аутопута, при чему су од посебног значаја мере заштите ваздуха и мере заштите од буке.

Као основне мере заштите ваздуха, нарочито за време извођења грађевинских радова, како би се негативни утицаји на квалитет ваздуха свели на минимум, потребно је:

- у циљу спречавања неконтролисаног разношења грађевинског материјала транспортним средствима потребно је спроводити чишћење возила пре изласка на јавне површине као и обавезно прекривање или влажење материјала који се транспортује како не би дошло до његовог развејавања;
- по сувом и ветровитом времену спроводити редовно влажење површина са којим може доћи до развејавања прашине;
- обавезно обезбедити техничку исправност механизације, редовним (по потреби ванредним) техничким контролама норми емисије штетних гасова.

Уколико се у непосредној близини налазе угрожени објекти, пројектном документацијом је потребно предвидети следеће мере:

- формирање зелених заштитних шумских појасева, од различитих засада отпорних на загађење ваздуха;
- израда пројекта пејсажног решења за заштиту од загађења ваздуха у непосредној близини пратећих садржаја аутопута (одморишта, станице за снабдевање горивом, итд.).

Претходном анализом утицаја на животну средину ауто-пута урађеној за потребе Генералног пројекта, извршена је анализа утицаја саобраћајне буке. Дуж трасе планираног ауто-пута лоцирано је више насеља која у планском периоду могу бити изложени прекомерним нивоима буке у току изградње и у току експлоатације. Због тога је предвиђено да се у фази израде Идејног пројекта и Студије о процени утицаја на животну средину, изврши моделовање саобраћајне буке и на основу резултата предвиде мере у току изградње и у току експлоатације које су неопходне за умањење утицаја буке на околину.

Истовремено је Просторним планом дефинисано да се у току извођења радова предузму следеће мере заштите од буке:

- потребно је спроводити редован мониторинг буке у непосредној близини градилишта;
- захтевати од извођача радова да поштује мере ублажавања од буке;
- приликом извођења радова користити модерну опрему са пругушивачима буке (опрема која задовољава захтеве Директиве ЕС/2000/14);

Небојша Стефановић, Олгица Бакић, Саша Милијић

- придржавати се уобичајних радних сати у току дана;
- у близини насеља рад са бучном опремом треба да буде ограничен, обавезна употреба заклона.

Предвиђено је и да се пре пуштања ауто-пута у експлоатацију, а на основу локацијских услова, уради техничка документација за техничке мере заштите од буке унутар земљишног појаса ауто-пута (Пројекат за грађевинску дозволу техничких мера заштите од буке и Пројекат за извођење техничких мера заштите од буке), при чему је потребно обезбедити следеће мере заштите:

- на местима где долази до прекорачења саобраћајне буке, у близини насељених места и објеката, потребно је планирати техничке мере заштите-конструкције за заштиту од буке (потенцијалне зоне у којима треба разматрати постављање конструкција за заштиту од буке приказане су на графичком прилогу;
- конструкције за заштиту од буке морају задовољавати акустичне, конструктивне и визуелне карактеристике;
- конструкције је потребно димензионисати и реализовати за плански период од најмање 10 година, са могућношћу етапне надоградње.

Закључак Извештаја о стратешкој процени утицаја је да су Просторним планом и Стратешком проценом утицаја на животну средину, анализирани могући утицаји планираних намена и предвиђене одговарајуће планске и одређене техничке мере заштите, како би планиране активности биле у функцији реализације циљева одрживог развоја на предметном простору.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ПРОСТОРНОГ ПЛАНА

Посебан допринос и значај примењене методологије израде Просторног плана се огледа у истовременој разради планских решења на два нивоа, и то стратешком нивоу просторног плана (рефералне карте у размери 1:50.000) и детаљном нивоу урбанистичког плана (тематске карте детаљне регулације у размери 1:2.500). У складу са тим Просторни план се спроводи:

1. *директно (непосредно)* - за део са разрадом на нивоу детаљне регулације (Сектор 1), у обухвату појаса ауто-пута (земљишта јавне намене), и то,
 - (1) издавањем локацијских услова за објекте ауто-пута и функционалне пратеће садржаје;
 - (2) израдом урбанистичког пројекта и издавањем локацијских услова за пратеће садржаје за потребе корисника ауто-пута (одморишта и услужни центар);
2. *индиректно* - за део са разрадом на нивоу детаљне регулације (Сектор 1) у обухвату заштитног појаса и појаса контролисане изградње, као и за део Просторног плана без разраде на нивоу детаљне регулације (Сектор 2), и то,
 - (1) применом и разрадом планских решења у другим планским документима за инфраструктурне системе који се налазе у коридору или се укрштају са коридором аутопута;
 - (2) применом и разрадом планских решења у планским документима јединица локалне самоуправе.

Специфичност Просторног плана представља и чињеница да је предвиђено да се кроз накнадну измену и допуну Плана дефинише детаљна регулација за Сектор 2 (Деоницу 6) коридора ауто-пута, укључујући и одабир коначног решења за коридор код насеља Куршумлија (приказан у две варијанте у дужини од 6 km). При томе је прихваћена и подржана примедба општине Куршумлија да се у наредним фазама планирања и пројектовања коридор ауто-пута планира што је више могуће ван постојећег грађевинског земљишта, на начин да се не угрозе постојећа заштићена културна добра, као и да се по могућству прихвати решење коридора иницирано кроз планске документе локалне самоуправе.

За разлику од досадашње праксе израде већине просторних планова за коридоре ауто-путева у Републици Србији, овај просторни план представља основ за утврђивање јавног интереса за експропријацију, односно административни пренос непокретности. Потпуном експропријацијом, обезбеђује се простор за формирање грађевинских парцела објеката који су саставни делови ауто-пута, као и први пут у пракси планирања и грађевинских парцела пратећих садржаја ауто-пута. Истовремено је одређен списак и површина свих катастарских парцела предвиђених за експропријацију (у целини или у делу, укупно 816 ha), аналитичким тачкама дефинисана регулациона линија и дат списак свих објеката предвиђених за уклањање (71 објекат). Битно је при томе поменути да промене у намени земљишта и повећање категорије грађевинског земљишта за потребе изградње ауто-пута кореспондирају и са иностраним искуствима (Funderburg et al, 2010).

Нови методолошки приступ изради и спровођењу Просторног плана подручја посебне намене на примеру инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре

Однос Просторног плана као планског документа вишег реда према важећим планским документима је дефинисан на начин да се: 1) не примењују плански документи у делу појаса ауто-пута (земљишта јавне намене); 2) примењују се, у делу и на начин који није у супротности са овим просторним планом, плански документи у делу заштитног појаса и појаса контролисана изградње, а нарочито у погледу режима коришћења, уређења и заштите простора; и 3) примењују се, у делу и на начин који није у супротности са овим просторним планом, плански документи донети за подручја за која овим просторним планом није утврђена детаљна регулација, нарочито у погледу спречавања ширења грађевинског подручја и резервисања простора за планирани коридор ауто-пута.

5. ЗАКЉУЧЦИ И ДИСКУСИЈА

Стратешко планско опредељење Републике Србије за изградњом и комплетирањем мреже ауто-путева је допринело великом значају и потреби израде просторних планова подручја посебне намене за коридоре ауто-путева. У досадашњој пракси је било могуће издвојити два типа таквих просторних планова. Први, за постојеће деонице ауто-путева, у којима је акценат на дефинисању просторног распореда и правила уређења и грађења за пратеће садржаје, одређивању појаса заштите и прописивању режима коришћења и уређења простора, сагледавању начина повезивања са окружењем и др. Други, за нове деонице ауто-путева планиране за изградњу, у којима се уз наведене елементе дефинише коридор ауто-пута и систем обавезујућих правила за даљу израду техничке и планске документације.

У овом раду је представљена методологија израде „трећег типа“ просторног плана на примеру новопланиране деонице коридора ауто-пута Ниш-Мердаре, са специфичним резултатима од којих су неки и први пут присутни у пракси, због чега је примењен методолошки приступ оправдано окарактерисан као „нов“. Односи се пре свега на истовремену разраду планских решења на два нивоа, одређивање граница Плана на два начина у зависности од потребног нивоа разраде планских решења, одређивања појаса заштите ауто-пута и режима коришћења и уређења простора у коридору и др.

Мишљење аутора јесте да је Просторни план успешно одговорио на постављене задатке, а нарочито по питању истовремене разраде планских решења на два нивоа, и то стратешком нивоу просторног плана и детаљном нивоу урбанистичког плана. Као такав, Просторни план је у потпуности употребљив за издавање локацијских услова за потребе даљег пројектовања, утврђивање јавног интереса и решавање имовинских односа.

Међутим, оваква пракса и аргументовани резултати новог методолошког приступа указују на начин превазилажења основног проблема, а то је међусобно усаглашавање процеса планирања и пројектовања коридора ауто-путева, што уједно и јесте циљ овог рада. Решавање готово свих питања у једном планском документу, у погледу рационализације динамике, трошкова и процедуре јесте неопходно, али истовремено усложњава процес планирања и отвара питање да ли је оправдано.

Како би такав концепт планирања подручја коридора ауто-путева опстао неопходно је, почев од законодавне регулативе па све до доказивања у пракси, садржајно и процедурално усагласити све фазе израде планске и пројектне/техничке документације.

У садржајном погледу акценат у изради просторног плана подручја посебне намене може бити: сагледавање и дефинисање начина и услова уклапања система у шири простор; интегрално планирање просторног развоја (заштита и коришћење природних ресурса, демографски трендови, функционисање мреже насеља, привреде, туризма, заштита природних и културних добараи сл.); дефинисање заштитних појасева и зона; начин остваривања веза са окружењем; повезивање са мрежом путева регионалног и локалног значаја у ширем контексту; провера и потврда решења кроз међусекторску сарадњу и кординацију (услови, мишљења, сагласности); обезбеђење јавности и демократичности поступка (стручне расправе, јавни увиди); стратешка процена утицаја на животну средину; стварање основа за решавање имовинских односа на земљишту; и др.

У том случају акценат у изради пројектне/техничке документације може бити: спровођење претходних радова (прикупљање и обрада података); одређивање макролокације објекта (коридора); дефинисање, вредновање и избор варијантних просторних и техничких решења; сагледавање саобраћајне, техничко-технолошке и економске оправданости; одређивање микролокације објекта (трасе);

Небојша Стефановић, Олгица Бакић, Саша Милијић

сагледавање трошкова изградње и одржавања; процена утицаја на животну средину; стварање основа за изградњу; и др.

Тиме се може хипотетички заокружити експертски аспект формалног садржајног разграничавања два процеса, између којих није могуће успоставити јасне границе.

Са друге стране, процедурално усаглашавање наведених активности, уз неопходно сагледавање међузависности и условљености фаза планирања и пројектовања, а посебно имајући у виду нивое разраде, остаје по мишљењу аутора овог рада најкомплексније питање у планирању и пројектовању, не само коридора ауто-путева, већ и свих других великих и значајних техничких система.

Даљи просторни развој и интеграција Републике Србије у шире окружење намећу потребу за даљим истраживањима неведених питања, која заиста могу имати снажно упориште у досадашњој пракси планирања и пројектовања коридора ауто-путева.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Boško Josimović, Igor Marić, Saša Milijić (2015). Multi-Criteria Evaluation in Strategic Environmental Assessment for Waste Management Plan, A Case Study: The City of Belgrade. Waste Management 36, pp. 331-342. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.11.003.
- [2] Boško Josimović, Nikola Krunić, Marina Nenković-Riznić (2016). The impact of airport noise as part of a Strategic Environmental Assessment, Case Study: The Tivat (Montenegro) Airport expansion plan. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 49, pp. 271-279.
- [3] Funderburg G. Richard, Nixon Hilary, Boarnet G. Marlon, Ferguson Gavin (2010). New Highways and Land Use Change: Results From a Quasi-experimental Research Design. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 44, Issue 2, pp. 76-98.
- [4] Loro Manuel, Arce M. Rosa, Ortega Emilio, Belen Martin (2014). Road-corridor Planning in the EIA procedure in Spain. A Review of Case Studies. Environmental Impact Assessment Review, Volume 44, pp. 11-22.
- [5] Stefanović N., Danilović Hristić N., Milijić S., (2015), The Implementation Model of Planning Rules in Spatial Plans, SPATIUM, No 33, pp. 62-68.
- [6] Закон о јавним путевима, "Службени гласник РС", бр. 101/05, 123/07, 101/11, 93/12 и 104/13.
- [7] Закон о планирању и изградњи, "Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10-УС, 24/11, 121/12, 42/13-УС, 50/13-УС, 98/13-УС и 132/14.
- [8] Закон о Просторном плану Републике Србије, "Службени гласник РС", број 88/10.
- [9] Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину, "Службени гласник РС", бр. 135/04 и 88/2010.
- [10] Извештај о Стратешкој процени утицаја Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, на животну средину, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, Обрађивачи: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, ЈП Завод за урбанизам Ниш, Институт за путеве ад Београд, фебруар 2017.
- [11] Нацрт Просторног плана подручја посебне намене инфраструктурног коридора ауто-пута Е-80, деоница Ниш-Мердаре, Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, Обрађивачи: Институт за архитектуру и урбанизам Србије, ЈП Завод за урбанизам Ниш, Институт за путеве ад Београд, фебруар 2017.
- [12] Правилник о националној листи индикатора заштите животне средине ("Службени гласник РС", број 37/2011).
- [13] Правилник о садржини, начину и поступку израде докумената просторног и урбанистичког планирања, "Службени гласник РС", број 20/15.

PREGLED TROŠKOVA I EFEKATA KOJI SE OSTVARUJU UVOĐENJEM NAPLATE ZAGUŠENJA

Marina Milenković¹, Draženko Glavić², Anica Kocić³, Miloš Petković⁴

¹Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

²Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, drazen@sf.bg.ac.rs

³Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, nana.anica.kocic@gmail.com

⁴Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, Beograd, R. Srbija, milospetkovicds@sf.bg.ac.rs

Rezime: Činjenica je da saobraćaj prate razni negativni efekti, kao što su emisija buke, štetnih materija, zagušenja ili saobraćajne nezgode, a u toku dvadesetog veka došlo je do eksplozivnog porasta broja vozila, pre svega putničkih automobila. Brojne su negativne posledice koje nastaju usled zagušenja u saobraćaju. Jedna od direktnih posledica jeste duže vreme putovanja, međutim posledično se povećava i nivo emisije buke i štetnih gasova, habanje vozila, potrošnja goriva, kao i stres učesnika u saobraćaju. Kao jedno od rešenja ovakvih uslova u saobraćaju razvijen je sistem naplate zagušenja, koji podrazumeva naplatu ulaska vozila u pojedine zone grada ili prolaska pojedinim deonicama, proporcionalno negativnim efektima koje to vozilo proizvodi. Na ovaj način učesnici u saobraćaju postaju svesniji svog uticaja, dolazi do smanjenja broja automobila u uticajnoj zoni i najvažnije stvaraju se bolji uslovi u saobraćaju, što doprinosi smanjenju negativnih efekata. U ovom radu su sagledani troškovi i efekti uvođenja naplate zagušenja u centralnim zonama gradova. Efekti i troškovi koji se ostvaruju uvođenjem ovog sistema biće potkrepljeni primerima iz nekoliko svetskih gradova o smanjenju broja vozila koja ulaze u uticajne zone, smanjenju vremenskih gubitaka i vremena putovanja, povećanju korišćenja javnog prevoza i smanjenju količine štetnih materija u vazduhu. Rezultati rada pokazuju troškove i efekte koji bi se mogli ostvariti uvođenjem naplate zagušenja u centralnoj zoni Beograda.

Ključne reči: saobraćaj, zagušenje, naplata, troškovi, efekti.

REVIEW OF COSTS AND EFFECTS THAT ARE ACHIEVED BY ESTABLISHING OF CONGESTION PRICING

Marina Milenković¹, Draženko Glavić², Anica Kocić³, Miloš Petković⁴

¹Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

²Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, drazen@sf.bg.ac.rs

³Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, nana.anica.kocic@gmail.com

⁴Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Republic of Serbia, milospetkovicds@sf.bg.ac.rs

Abstract: It is a fact that traffic is followed by many negative effects, like noise, pollution, congestions or traffic accidents, and in 20th century number of vehicles has explosively grown, especially the number of passenger cars. There are many negative effects of congestion in traffic. One of direct effects is increased traveling time, however consequently there is an increasing level of noise and pollution, vehicle wear, fuel waste as well as the stress of all road users. As one of the solutions for the mentioned conditions is the developed congestion pricing scheme, which means charging the cars for entering in some zones in the city or for driving along some road segments, in proportion to the negative effects that the cars produce. This paper deals with the cost and effects of establishing congestion pricing scheme in central zones of cities. Effects and costs achieved by establishing of this scheme are documented with examples of several cities from all over the world about decreased number of vehicles entering in charged zones, decreased delays and traveling time, increased usage of public transport and decreased air pollution. Results of this paper show the costs and effects that could be achieved by establishing of congestion charging in Belgrade central zone.

Keywords: traffic, congestion, charging, costs, effects.

³ Anica Kocić: nana.anica.kocic@gmail.com

1. UVOD

U toku dvadesetog veka došlo je do eksplozivnog porasta broja vozila, pre svega putničkih automobila, tako da je zagušenje postalo široko rasprostranjen problem u svetu. Brojne su negativne posledice koje nastaju usled zagušenja u saobraćaju. Jedna od direktnih posledica jeste duže vreme putovanja, međutim posledično se povećava i nivo buke i štetnih gasova, habanje vozila, potrošnja goriva, kao i stres učesnika u saobraćaju. Vremenski gubici, ali i druge štetne posledice pretvorene u novčane jedinice, čine značajne novčane rashode za velike gradove na godišnjem nivou.

Saobraćajni institut u Teksasu je procenio da je u urbanim sredinama 2003. godine bilo 3,7 milijardi sati vremenskih gubitaka, 2,3 milijardi galona potrošenog goriva, što bi ukupno iznosilo oko 63 milijardi dolara. Procenjuje se da svaki putnik u vršnom satu godišnje plaća cenu zbog zagušenja od oko 800 do 1600 dolara u vremenskim gubicima, potrošenom gorivu, a izgubi i oko 8 radnih dana godišnje zbog gužvi u saobraćaju [1].

Uzroci nastanka zagušenja, a samim tim i potrebe za naplatom zagušenja nastaju pre svega zbog nedostatka mehanizma za upravljanje kapacitetom. Mnogi bi odmah rekli da je rešenje dodavanje novih kapaciteta, na primer izgradnja dodatnih saobraćajnih traka. Međutim, urbana područja su već oformljena, i neretko je slučaj da nema prostora za dodavanje novih kapaciteta, a pored toga izgradnja jednog kilometra saobraćajnice je veoma skupa. Mnoga istraživanja su pokazala da dodavanje novih kapaciteta i povećanje ponude, pruža kratkoročna rešenja, jer ubrzo uzrokuje povećanje potražnje. Tako se došlo do ideje da se na potražnju utiče kroz razne mere i politike.

Vremenom je prihvaćena činjenica da je potrebno razviti različite strategije za smanjenje zagušenja. Kao jedna takva strategija razvijen je sistem naplate zagušenja (Congestion Pricing/Charging) koji treba da donese razne koristi i pozitivne efekte društvu u gradovima sa velikim zagušenjima. Ideja je naplatiti korišćenje određene deonice, putnog objekta ili prolazak centralnom zonom grada u toku vršnih perioda kako bi se smanjio broj vozila i zagušenje. Na taj način se postiže cilj - smanjenje broja vozila u vršnom periodu, jer se ljudi motivišu da se kreću drugim vidovima prevoza, putanjama koje ne prolaze kroz zone pod naplatom ili u vanvršnim periodima dana. Umanjenjem zahteva koje se ostvaruje naplatom zagušenja čak i za samo 5% doći će do efikasnijeg kretanja saobraćajnog toka koji nije odustao od kretanja deonicom pod naplatom.

Cenu nije jednostavno odrediti, međutim treba pratiti osnovni princip da se vozačima naplati upotreba deonice ili kretanje zonom u proporciji sa negativnim efektima koje njegovo kretanje proizvodi. Vozači postaju svesniji zagađenja i zagušenja koja nastaju njihovim putovanjem, ali su i spremni da plate ukoliko bi na taj način bilo omogućeno da stignu negde na vreme, bez vremenskih gubitaka

Ovo je direktnija strategija nego naplata taksi za gorivo, gde se jednako naplaćuje svim korisnicima puta, bez obzira na njihov stvarni negativni uticaj. Na ovaj način vozači postaju svesniji svog uticaja i težiće da smanje nepotrebna kretanja automobilom. Kao rezultat, smanjiće se i preraspodeliti potražnja, i neće biti potrebe za povećanjem ponude, tj. dodavanjem kapaciteta. Pored toga, smanjenjem broja vozila, smanjiće se vremenski gubici i vreme putovanja zbog efikasnijeg funkcionisanja saobraćajnog sistema, smanjiće se nivo buke i štetnih materija, te će se stvoriti kvalitetniji uslovi za život.

Predmet ovog rada je pregled troškova i efekata koji se mogu postići uvođenjem naplate zagušenja. Kao i pretpostavljanje troškova i efekata koji bi se ostvarili uvođenjem naplate zagušenja u centralnoj zoni Beograda.

Cilj rada je da se pregled troškova i efekata potkrepi primerima uspešnog sprovođenja naplate zagušenja u gradovima širom sveta, i da se pokaže da su veći očekivani pozitivni efekti nego troškovi.

Ograničenjem se može smatrati to što se rad zasniva na pretpostavkama i nema podataka o spremnosti vozača da plate ulazak u centar Beograda, tj. pri kojoj ceni bi određeni procenat vozača odustao od prolaska kroz centar grada.

2. PREGLED LITERATURE

Pod pokroviteljstvom Ministarstva za saobraćaj u SAD prikupljeni su podaci i 2008. je izdat rad o postignim rezultatima nakon uvođenja naplate zagušenja iz nekoliko svetskih gradova. Rezultati su prikazani dalje u radu.

Prvi je primer Londona u kome su troškovi implementacije sistema naplate zagušenja iznosili oko 161,7 miliona funti, a operativni troškovi su oko 130 miliona funti godišnje [3].

Godinu dana nakon implementacije, broj vozila koja se kreću unutar zone sa naplatom, smanjen je za 15%, dok je broj vozila koja ulaze u zonu smanjen za 18%, a došlo je do povećanja saobraćaja na obodnim saobraćajnicama, ali manje nego što je predviđeno, te nije dovelo do problema [3].

Od ukupnog broja smanjenih putovanja, 50% se realizuje javnim prevozom, i upotreba javnog prevoza je veća za 40%. Zbog pogodnosti za vozila sa visokom popunjenošću teži se zajedničkoj upotrebi vozila, a povećana je i upotreba bicikala i motocikala. 20-30% putovanja od ukupnog smanjenog broja putovanja su realizovana putanjama koje ne prolaze kroz zonu sa naplatom, dok je 15-25% putovanja sa promenjenim vremenom realizacije [3].

Zabeleženo je povećanje brzine za 30%, te su i vremenski gubici smanjeni za 25-30%, dok je vreme putovanja u proseku skraćeno za oko 14%, zavisno od putanje koja se posmatra [3]. Todd Litman je 2011. godine došao do nešto drugačijih rezultata, da je brzina putovanja je u Londonu povećana za 37%, a da su vremenski gubici javnog prevoza smanjeni za 50%, dok je broj putovanja autobusom u jutarnjem vršnom periodu povećan 14% [6]. Litman kaže da je broj putovanja podzemnom železnicom povećan za 1%, a da su troškovi taxi vozila smanjeni za 20-30% zbog smanjenja vremenskih gubitaka [6].

Londonsko ministarstvo za saobraćaj je pokazalo da je u centru Londona došlo do značajnog poboljšanja kvaliteta vazduha. Tačnije, zabeleženo je da je nivo NO_x opao za 13,4% između 2002. i 2003. godine, a od 2003. do 2006. je smanjen za 17% [3]. Nivo CO₂ u prvih godinu dana smanjen je za 15%, a od 2003. do 2006. za 3%, ukupno 20% [3]. Smanjenje nivoa čestica (PM₁₀) ostvareno je za 7-16% između 2002. i 2003., za 24% nakon toga do 2006. godine [3]. Nivo emisija je smanjen i u okolnim zonama centra grada, gde je utvrđeno smanjenje i nivoa buke.

Takođe, istraživanjem londonskog ministarstva utvrđeno je da je do poboljšanja kvaliteta vazduha i životne sredine došlo delom zbog poboljšanja tehnologije sagorevanja goriva u vozilima, a delom zbog naplate zagušenja, smanjenja broja vozila i efikasnijeg putovanja.

Zabeleženo je i smanjenje broja nezgoda u zoni sa naplatom u većoj meri nego u drugim delovima grada, dok nema zabeleženog povećanja broja nezgoda sa dvotočkašima.

U londonskoj centralnoj zoni pod naplatom je 69% poslodavaca iskazalo da naplata zagušenja nema nikakvog uticaja na njihovo poslovanje, njih 22% je primetilo pozitivan uticaj, dok 9% poslodavaca smatra da je uticaj negativan [3].

Iako prihodi spadaju u koristi, u Londonu se sav prihod ulaže u unapređenje transportnog sistema, što svakako može imati pozitivne efekte. Godišnji prihod je oko 250 miliona funti, a 2005. godine je jako malim povećanjem cene ulaska u zonu sa naplatom došlo do povećanja godišnjeg prihoda za 60% [3]. Može se primetiti da su godišnji prihodi skoro duplo veći od godišnjih operativnih troškova.

Sledeći je primer Singapura, gde su do sada instalirana dva sistema. Inicijalni kapitalni troškovi za uvođenje prvog sistema u Singapuru (ALS) 1975. godine iznosili su približno 210 000 američkih dolara, dok su godišnji troškovi eksploatacije u periodu od 1975. do 1988. procenjeni na oko 250 000 američkih dolara. Troškovi implementacije drugog sistema u Singapuru (ERP), tj. prelazak sa ALS na ERP sistem naplate, procenjeni su na 110 miliona američkih dolara u periodu implementacije. [3]

Naplata zagušenja je u Singapuru rezultirala sa 44% manje vozila koja ulaze u zonu sa naplatom (smanjenje sa 74 000 na 41 200) i 73% manje putničkih automobila (smanjenje sa 42 800 na 11 400) po uvođenju prvog sistema [3].

U Singapuru je zabeleženo povećanje u zajedničkom korišćenju vozila (carpooling) i u broju putovanja u periodu malo pre početka naplate. Primena zajedničkog korišćenja vozila je porasla sa 8 na 19%, zbog pogodnosti za vozila sa visokom popunjenošću (4+) i iz razloga što su ova vozila, kao i motocikli isključeni iz naplate zagušenja [3]. Upotreba autobusa porasla sa 33 na 46%, a 69% putovanja u jutarnjem vršnom periodu realizovana su autobuskim i šinskim podsistemima javnog prevoza [3].

Postignuto je povećanje brzine za 20%, i na najopterećenijim saobraćajnicama brzine su porasle sa 15-18 km/h na oko 30 km/h. Dodatno, brzine su se povećale i na saobraćajnicama koje vode ka zoni sa naplatom za oko 10%. Međutim na obilaznicama centralne zone brzina je opala za 20%. [3]

Odmah po implementaciji prvog sistema (ALS) 1975. godine je izmereno da je nivo CO u jutarnjem vršnom periodu smanjen ispod nivoa koji preovlađuje sredinom dana. Takođe, merenja nivoa NO_x su pokazala smanjenja na nivou prosečnih mesečnih vrednosti.

Prihodi od prvog sistema u Singapuru za godinu dana su iznosili preko 2 800 000 američkih dolara, i bili su 11 puta veći od troškova eksploatacije. Drugi sistem u Singapuru donosi godišnji prihod od 100 miliona američkih dolara. [3]

U Singapuru je procenjeno da je smanjenjem broja vozila došlo do povećanja bezbednosti pešaka u saobraćaju, čemu doprinosi smanjenje broja konflikata i vremenskih gubitaka na pešačkim prelazima.

U Singapuru nisu utvrdili uticaj na bilo koju od poslovnih aktivnosti, mada su maloprodajni objekti kada je naplata zagušenja uvedena i u popodnevnom vršnom periodu, utvrdili smanjenje u popodnevnim aktivnostima kupovine.

Primer Stokholma se odnosi na probni period rada ovog sistema u tom gradu, gde su investicioni troškovi sistema naplate zagušenja bili oko 410 miliona američkih dolara, a operativni troškovi na godišnjem nivou iznose oko 30 miliona američkih dolara [3].

Naplata zagušenja u Stokholmu je doprinela smanjenju broja vozila od 10 do 15%, a samim tim došlo je i do naglog povećanja brzine kretanja vozila. Zagušenje se dramatično smanjilo, tako da su najgori redovi u samom centru grada smanjeni za više od 30%. Najveće smanjenje je primećeno u toku popodnevnog vršnog perioda. Protoci na najzagušenijim gradskim saobraćajnicama su opali za 20-25%, a kao i u ostalim gradovima, značajno je povećanje broja vozila na obilaznicama. Unutar zone došlo je do smanjenja pređenih vozilo-km za 14%, a izvan zone sa naplatom za 1%. [3]

Upotreba javnog prevoza je povećana za 6–9% [3]. Nešto manje od 50% putnika koji su odustali od upotrebe automobila tokom perioda u kojima se vrši naplata prešlo je na javni prevoz putnika [3]. Primećeno je povećanje upotrebe bicikla, zajedničke upotrebe vozila (carpooling) ili rada od kuće. Međutim to povećanje nije značajno.

Povećana je upotreba 'zelenih vozila' za 9%, a nivo CO₂ je u centru Stokholma smanjen za 10-14%, NO_x - a za 7%, a nivo čestica za 9% [3]. Slične rezultate je naveo i Jonas Eliasson 2009. godine [5].

Došli su do zaključka da je i bezbednost unapređena naplatom zagušenja, a Höök i kolege su 2006. godine utvrdili da je u Stokholmu broj poginulih smanjen za 15, a povređenih za 50 [2], i to su pripisali sistemu naplate zagušenja. Iste rezultate je izneo i Jonas Eliasson 2009. godine, ali je dodao da je smanjenje u broju nezgoda 3,6% [5].

Što se tiče poslovanja, nisu utvrđeni značajni uticaji na poslovne aktivnosti. Međutim, stokholmski sistem naplate zagušenja je samo probni da bi se donosili takvi zaključci.

Godišnji prihodi su oko 100 miliona američkih dolara, što je tri puta više od operativnih troškova ovog sistema [3].

Dr. William B. Eimicke je naveo primer uvođenja naplate zagušenja u Orindžu u Kaliforniji, na ruti 91, koje je omogućilo da se saobraćajni tok kreće mnogo ravnomernije tokom vršnih perioda. Putnici na saobraćajnim trakama na kojima se vrši naplata se kreću brzinama preko 95 km/h, dok oni koji se kreću trakama bez naplate postižu brzine oko 25 km/h ili manje. Na ruti 91 uočeno je i povećanje od 40% u primeni deljenja vozila, tj. u kretanju voila sa visokom popunjenošću. [7]

Isti autor je naveo da je u toku pilot implementacije sistema u Hong Kongu (1980tih) primećeno povećanje brzine sa 20 na 28 km/h [7].

3. STUDIJA SLUČAJA

3.1. Metodologija

Određivanje površine koja bi bila obuhvaćena naplatom zagušenja je važan zadatak, i zavisi od veličine grada, ali i od veličine same centralne zone u kojoj su zagušenja izražena. Najčešće su to delovi grada u kojima nema prostora za dodavanje kapaciteta, već se teži smanjenju zahteva primenom ovog sistema. Za Beograd se predlaže uvođenje naplate zagušenja u centralnoj zoni, površine oko 4 km².

Troškovi koji se mogu očekivati zavise od primenjenog sistema i uređaja koji su potrebni da bi takav sistem funkcionisao, tako da se na osnovu trenutnih cena na tržištu procenjuju troškovi implementacije sistema. Troškovi funkcionisanja sistema se utvrđuju na osnovu potrebnog broja zaposlenih da bi ovaj sistem funkcionisao, i odgovarajućih bruto plata zaposlenih, kao i na osnovu troškova koji se mogu očekivati pri funkcionisanju ovakvog sistema.

Smanjenje broja kretanja koja se realizuju putničkim automobilom se u radu zasniva na proceni, a svakako zavisi od cene naplate za ulazak u zonu pod naplatom. Ne postoje podaci o tome koliki broj korisnika putničkog automobila bi odustao od putovanja istim u zonu naplate pri određenoj ceni, i koja bi to cena bila potrebna da bi došlo do željenog smanjenje broja putovanja u centralnu zonu. Procena prelaska na druge vidove prevoza i putanje se zasniva na inostranim iskustvima. Promena vremena putovanja nije razmatrana, s obzirom da je radno vreme fiksno, a pre svega su razmatrana putovanja sa svrhom odlazak na posao u

jutarnjem vršnom periodu. Podaci o broju vozila, putničkih automobila (PA) i teretnih vozila (TV) i broju putnika koji ulaze u centralnu zonu Beograda od 08-09h ujutru, su dobijeni iz transportnog modela Beograda za 2007. godinu. Na osnovu ovih podataka utvrđeno je smanjenje broja vozila koja ulaze u zonu sa naplatom i povećanje broja putnika u JGPP-u u pomenutom vršnom satu. Broj registrovanih vozila u posmatranoj zoni je utvrđen iz publikacija Republičkog zavoda za statistiku iz nekoliko godina kako bi se uvidele promene i definisana jedna vrednost.

Ostali efekti koji se odnose na povećanje brzine putovanja, smanjenje vremenskih gubitaka, pa i na smanjenje zagušenja, povećanje nivoa bezbednosti su procenjeni na osnovu inostranih iskustava.

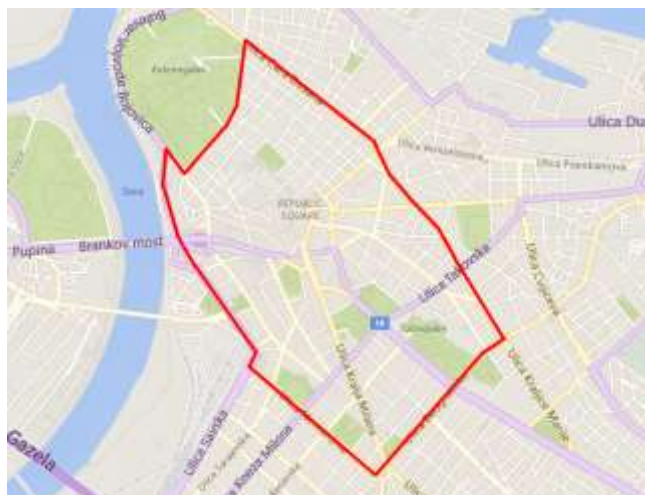
3.2. Primer Beograda

S obzirom da je jedan od ciljeva ovog rada da se proceni uticaj uvođenja naplate zagušenja na vreme putovanja i životnu sredinu u Beogradu, predlaže se da se naplata zagušenja uvede u centralnoj zoni grada. To je centar starog Beograda, koji obuhvata urbano tkivo koje je već oformljeno i nema prostora za proširenje kapaciteta, te je potrebno okrenuti se strategijama i merama koje utiču na smanjenje potražnje. Makrolokacija pomenute zone je prikazana na slici 1.



Slika 1. Makrolokacija predložene zone sa naplatom zagušenja

Zona u kojoj će se vršiti naplata zagušenja je površine oko 4 km² i ograničena je ulicama Beogradska, Starine Novaka, 27. marta, Džordža Vašingtona, Cara Dušana, Tadeuša Koščuška, Pariska, Karađorđeva, Savska i Nemanjina. U ovoj zoni se nalaze Vlada i Skupština Republike Srbije, najpoznatija pešačka zona u gradu Knez Mihailova ulica i trg Republike, Narodno pozorište, Jugoslovensko dramsko pozorište, pozorište na Terazijama, botanička bašta Jevremovac, boemska četvrt Skadarlija i mnogi poslovni objekti koji predstavljaju izvore i ciljeve kretanja u predmetnoj zoni. Mikrolokacija zone sa naplatom zagušenja prikazana je na slici 2.



Slika 2. Mikrolokacija predložene zone sa naplatom zagušenja

Troškovi održavanja za godinu dana iznose oko 100 000€.

Režijski troškovi su oko 10 000€ na mesečnom nivou, tj. 120 000€ na godišnjem nivou.

Ukupni operativni troškovi ovog sistema za godinu dana su 640 000€, ali pošto se posmatra eksploatacioni period od 10 godina, troškovi će iznositi 6 400 000€.

Troškovi implementacije sistema prikazani su u tabeli 1, dok su troškovi funkcionisanja sistema na godišnjem nivou i za period od 10 godina prikazani u tabeli 2.

Tabela 1. Procenjeni troškovi implementacije sistema naplate zagušenja u Beogradu

Implementacija		
<i>Upravljački centar</i>		
Cena [€]		1 000 000
<i>Portali</i>		
Broj	Cena [€]	
7	50000	
23	20000	
Ukupno [€]		810 000
<i>TAG</i>		
Broj	Cena [€]	
109000	10	
Ukupno [€]		1 090 000
Ukupno [€]		2 900 000

Tabela 2. Procenjeni troškovi eksploatacije sistema naplate zagušenja u Beogradu

Ekploatacija		
<i>Plate radnika</i>		
Broj	Plata [€/god]	
50	8400	
Ukupno [€/god]		420 000
<i>Održavanje</i>		
Cena [€/god]		100 000
<i>Režijski troškovi</i>		
Cena [€/god]		120 000
Ukupno [€/god]		640 000
Ukupno [€/10 god]		6 400 000

Cilj je da se nakon uvođenja ovog sistema broj putovanja kroz zonu sa naplatom smanji za oko 20% u vršnom periodu. Ova putovanja će, po proceni, biti realizovana javnim prevozom ili nekom drugom trasom, bez prolaska kroz centralnu zonu grada. Tabela 3 prikazuje broj vozila PA i TV koja odustaju od putovanja centralnom zonom, samo u jednom satu jutarnjeg vršnog perioda, s obzirom da su podaci bili dostupni za taj sat (08-09h).

Tabela 3. Broj vozila koji ulaze u centralnu zonu pre i nakon naplate zagušenja za jedan čas vršnog perioda i u toku godine

<i>Jutarnji vršni čas 08-09h i cela godina</i>	Pre		%	Posle	
	voz/h	voz/god		voz/h	voz/god
Putnički automobili	11 040	34 444 800	- 20	8 832	27 555 840
Teretna vozila	680	2 121 600	- 20	544	1 697 280

Javnim prevozom će se realizovati 50% od svih odustalih putovanja, kako se procenjuje. Ova procena se zasniva na tome da veliki broj linija prolazi kroz ovu zonu, opsluženost i povezanost sa ostalim delovima grada je veoma dobra, a uz dodatno poboljšanje sistema JGP-a pomoću prihoda od naplate zagušenja, ovaj sistem će biti primamljiviji za korisnike. Podrazumeva se da je metro izgrađen pre uspostavljanja sistema naplate zagušenja.

S obzirom da se očekuje da se 50% odustalih putovanja realizuje javnim prevozom, povećaće se upotreba javnog prevoza za 6,2%. Usvajeno je da je prosečna popunjenost vozila 1,5 put/voz i rezultati procene su prikazani u tabeli 4. Promovisanjem sistema naplate zagušenja pre njegovog uvođenja, svakako je potrebno motivisati korisnike putničkih automobila da pređu na nemotorizovane vidove kretanja. Takođe, za one koji ipak ne žele odustati od putničkog automobila, predlaže se definisanje povoljnosti za vozila sa većom popunjenošću, te se može očekivati i da će i neki pricenat kretanja biti realizovan na ovaj način. Da bi se procenio procenat korisnika koji bi prešli na nemotorizovane vidove prevoza ili upotrebu vozila sa visokom popunjenošću potrebno je izvršiti temeljna istraživanja i anketiranja korisnika.

Tabela 4. Procena broja putnika koji prelaze sa PA na JGPP nakon uvođenja naplate zagušenja u jutarnjem vršnom času i broj putnika nakon naplate na nivou godine

Procena za jutarnji vršni čas 08-09h	Prelazak sa PA			Posle	
	Pre put/h	put/h	%	put/h	put/god
Putnika u javnom prevozu	26 655	1 656	+ 6,2	28 311	88 330 320

50% putovanja će biti realizovano drugim putanjama, koje ne prolaze kroz zonu sa naplatom zagušenja, uzimajući u obzir da se ovaj sistem uspostavi nakon realizacije svih saobraćajnih rešenja definisanih u Generalnom urbanističkom planu Beograda za 2021. godinu. Podrazumeva se završetak projekta Unutrašnji magistralni poluprsten (UMP), spoljna magistralna tangenta (SMT) i obilaznica Beograda, čije su trase prikazane na slici 4. Realizacijom ovog projekta biće omogućena putovanja rutama koje će u potpunosti obilaziti centralnu zonu i postizanje većih brzina, s obzirom da se planiraju visokokapacitivne saobraćajnice visokog funkcionalnog ranga sa minimalnim uticajem sporednih tokova (tuneli, nadvožnjaci, denivelisane raskrsnice). Trenutno postoje mogućnosti obilaska zone sa naplatom zagušenja, međutim potrebno je utvrditi da li je kapacitet obodnih saobraćajnica dovoljan da prihvate dodatni saobraćaj, što je posledica izbegavanja zone sa naplatom zagušenja.



Slika 4. Međusobni položaj zone sa naplatom zagušenja i saobraćajnica predviđenih GUP2021

Posmatrajuća inostrana iskustva sa sličnim rezultatima, smanjenjem broja vozila koja ulaze u centralnu zonu grada za 20%, može se očekivati povećanje brzine putovanja u centralnoj zoni za 27 - 33%. Ovo povećanje prosečne brzine i smanjenje zagušenja doprinose smanjenju vremenskih gubitaka, i očekuje se da to smanjenje bude 25 - 30%, što dalje doprinosi skraćenju vremena putovanja. Očekivano skraćenje prosečnog vremena putovanja je 13 - 17%.

Koristi od skraćenja vremena putovanja i postizanja većih brzina imaće i operateri javnog prevoza, ali i njegovi korisnici. Na ovaj način će se povećati pouzdanost sistema javnog prevoza, a i procenat onih koji ga koriste.

Poučeni londonskim iskustvom može se očekivati smanjenje nivoa štetnih materija u prvoj godini po početku eksploatacije ovog sistema. Nivo azotnih oksida se može smanjiti za 13 - 15%, a i nivo CO₂ se može smanjiti do 15%. Očekivano smanjenje nivoa čestica u centralnoj zoni je 10 - 15%.

Prihod od naplate zagušenja investiraće se u javni prevoz, čime će se primeniti savremenije tehnologije koje umanjuju emisije štetnih materija. Na ovaj način se dodatno doprinosi smanjenju emisije štetnih materija.

U inostranim gradovima koji su uveli sistem naplate zagušenja zabeleženo je i smanjenje broja nezgoda u zoni sa naplatom. Ovakav efekat se može očekivati i u Beogradu.

Smatra se da uvođenje ovog sistema neće imati negativnih posledica na poslovanje u centralnoj zoni.

Jedan od negativnih efekata može biti povećanje broja kretanja na okolnoj saobraćajnoj mreži. S obzirom da će 50% odustalih putovanja biti realizovano drugim rutama, okolnom saobraćajnom mrežom, očekuje se povećanje saobraćajnog zahteva na obodnim saobraćajnicama. Međutim, negativne posledice preseljenja dela saobraćaja na okolne saobraćajnice bi trebalo naknadno utvrditi, a uvođenje ovog sistema se planira po izgradnji UMP-a, SMT-a i obilaznice, što će dovesti do rasterećenja ulične mreže Beograda, posebno u centralnim zonama.

Prikaz troškova i efekata sistema prikazan je u tabeli 5.

Tabela 5. Procenjeni troškovi i efekti sistema naplate zagušenja u Beogradu

Troškovi [€]		Efekti [%]	
<i>Implementacija</i>		Broj vozila (cilj)	- 20
Upravljački centar	1 000 000	Brzina	+ 27 do 33
Portali	810 000	Vremenski gubici	- 25 do 30
TAG	1 090 000	Vreme putovanja	- 13 do 17
Ukupno Impl [€]	2 900 000	Upotreba JGPP-a	+ 6,2
<i>Eksploatacija</i>		NO _x	- 13 do 15
Plate radnika	420 000	CO ₂	do - 15
Održavanje	100 000	PM ₁₀	- 10 do 15
Režijski troškovi	120 000		
Ukupno [€/god]	640 000		
Ukupno Eksp [€/10 god]	6 400 000		
Ukupno Impl + Eksp [€]	9 300 000		

4. ZAKLJUČAK

Povećanjem broja vozila i nedostatkom kapaciteta dolazi do nastanka zagušenja, koje je svakodnevica svih većih svetskih gradova. Uzrok zagušenju se može tražiti i u nedostatku mehanizma upravljanja kapacitetom. Klasičan pristup planiranju saobraćaja podrazumevao je dodavanje kapaciteta, kao rešenje pojave zagušenja. Međutim, vremenom se ovaj pristup izmenio, a i utvrđeno je da se dodavanjem kapaciteta stvaraju bolji uslovi u toku i to rezultuje dodatnim povećanjem zahteva, što sistem uvodi u začarani krug. Održivi saobraćaj teži balansiranoj ponudi i potražnje, ali kroz smanjenje ponude, razvojem različitih strategija, politika i mera. U slučaju zagušenja bilo je potrebno razviti različite strategije za smanjenje zagušenja i tako je razvijen sistem naplate zagušenja (Congestion Pricing/Charging).

Kroz prikazane primere uspešnog uvođenja ovog sistema mogu se uočiti razni pozitivnih efekti. Pre svega cilj je smanjenje broja vozila koji se postiže s obzirom da određeni procenat korisnika ne želi plaćati ulazak u

zonu, a taj procenat se može menjati promenom cene. Razni gradovi su imali primere smanjenja broja vozila 10 - 30% pa čak i više. Samim smanjenjem broja vozila, postiže se niz pozitivnih efekata. Smanjuju se redovi, vremenski gubici, što dovodi do kraćeg vremena putovanja. Dalje, povećava se brzina kretanja vozila, što ponovo utiče na skraćenje vremena putovanja. Smanjenjem broja vozila, stvaraju se uslovi za kretanje većim, konstantnim brzinama, sa manjim disperzijama, čime se postiže kraće vreme putovanja, manji stres za vozače, ali se i povećava bezbednost učesnika u saobraćaju.

Sa stanovišta očuvanja životne sredine, takođe ima pozitivnih efekata koji se ogledaju u smanjenju nivoa štetnih materija, npr. nivoa čestica i CO₂ za 5-10% što se pripisuje sistemu naplate zagušenja [8]. Utvrđeni su i pozitivni efekti na bezbednost saobraćaja.

Prihodima od naplate osim što se mogu nadoknaditi troškovi implementacije i funkcionisanja, moguće je unaprediti čitav transportni sistem i uvećati pozitivne efekte sistema.

Povećanje broja vozila i negativni efekti na okolnim saobraćajnicama jesu uočeni, međutim u manjoj meri nego što je očekivano i procenjivano u većini gradova sa sistemom naplate.

Primer uvođenja ovog sistema u Beogradu je zasnovan na inostranim iskustvima i prikazanim rezultatima, i procenjeni su određeni efekti. Očekuju se pozitivni efekti kao i u drugim gradovima koji primenjuju ovaj sistem, a željeni procenat putovanja koja prelaze na javni prevoz ili menja trasu putovanja će se menjati dinamičkim definisanjem cena. Cilj je smanjenje broja vozila za 20 % u vršnom periodu. Ovo smanjenje broja vozila prate efekti koji se odnose na skraćenje vremena putovanja 13 do 17 %, zbog smanjenih vremenskih gubitaka i povećane brzine putovanja. Smanjenja nivoa štetnih materija se očekuje do 15 %.

Troškovi uvođenja i funkcionisanja sistema se mogu nadoknaditi od same naplate zagušenja, a postupkom vrednovanja je potrebno utvrditi za koliko godina. Uz adekvatan i pažljivo osmišljen marketing i dodatne mere i povlastice ovaj sistem može imati i veće pozitivne efekte. Negativni efekti na okolnoj saobraćajnoj mreži su mogući, ali je potrebno utvrditi u kojoj meri, a preduslov uvođenju sistema je realizacija GUP 2021 čime će saobraćajna mreža u centralnom delu grada biti rasterećena, dok će izgradnja metroa predstavljati značajnu podršku transportnom sistemu.

Ograničenje u izradi ovog rada je nedostatak stavova i mišljenja samih korisnika. Nedostaju podaci o prihvatljivoj ceni, tj. pri kojoj ceni koji procenat korisnika odustaje od putovanja, kao i podaci o odustajanju i prelasku na alternativne vidove prevoza u zavisnosti od cene naplate zagušenja.

Budući radovi na ovu temu, pre svega bi trebalo da obuhvate istraživanja stavova samih korisnika o napomenutim problemima i temama. Takođe potrebno je baviti se vrednovanjem uvođenja ovog sistema, i utvrđivanjem negativnih posledica na okolnu mrežu, zbog izbegavanja prolaska kroz zonu sa naplatom, uz procenu i utvrđivanje preciznijih veličina. Za uvođenje ovog sistema, potrebno je definisanje jasnih mera i povlastica kojima će se korisnici ohrabrivati na korišćenje drugih vidova prevoza, tako da je tome potrebno posvetiti pažnju. Neophodno je adekvatno informisanje javnog mnjenja o svim efektima sistema, i unapređenjima transpornog sistema grada prihodom od naplate.

5. LITERATURA

- [1] 2006. Congestion pricing. U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [2] Höök, B.; Bromander, E.; Tedesjö, E.; Hedvall, N.; Alarik, O. 2006. Cost-benefit analysis of the Stockholm Trial
- [3] 2008. Lessons Learned From International Experience in Congestion Pricing, Final Report for U.S. Department of transportation, Federal Highway Administration, K.T. Analytics, Bethesda, Maryland
- [4] Commin, H. 2009. The Congestion Charging Schemes of London and Singapore: Why Did London Choose Different Technology, and Was this a Mistake?
- [5] Eliasson, J. 2009. Cost-benefit analysis of the Stockholm congestion charging system.
- [6] Litman, T. 2011. London Congestion Pricing, Implications for Other Cities. Victoria Transport Policy Institute
- [7] Dr. Eimicke W. B. 2013. Considering Congestion Pricing in Hong Kong and Mainland China: What can we learn from other cities?
- [8] Simeonova, E.; Currie, J.; Nilsson P.; Walker, R. 2017. Congestion Pricing, Air Pollution, and Children's Health, Johns Hopkins Carey Business School Research Paper 17-05.

ПОЗИТИВНИ И НЕГАТИВНИ ПРИМЕРИ УВОЂЕЊА НАПЛАТЕ ЗАГУШЕЊА

др Драженко Главић, дипл. инж. саобр.

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, drazen@sf.bg.ac.rs

Марина Миленковић, маг. инж. саобр.

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Катарина Тадић, студент

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, k.tadic96@gmail.com

Оливера Дамњановић, студент

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, oljadamnjanovic@gmail.com

***Резиме:** Наплата загушења је начин на који велики градови са израженим саобраћајним загушењима и еколошким проблемима покушавају да реше проблем. Иако је примарни циљ да се реше еколошки проблеми и проблеми саобраћајних загушења, управљач зоном за коју важи наплата загушења, а најчешће је то град, остварује и одређени приход. У бројним градовима у свету примењује се или се покушало са применом овог концепта. У овом раду биће приказани примери градова у којима се успешно примењује овај концепт, али и градови у којима овај концепт није био успешан. Такође биће приказане и предности и недостатци наплате загушења, односно ефекти његове примене, на основу којих се у будућности може донети одлука о увођењу овог концепта.*

***Кључне речи:** наплата загушења, саобраћајна загушења, цена загушења.*

POSITIVE AND NEGATIVE CASES OF CONGESTION PRICING

Draženko Glavić, Ph.D. T.E.

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, drazen@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković, M.Sc. T.E.

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Katarina Tadić, student

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, k.tadic96@gmail.com

Olivera Damnjanović, student

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, oljadamnjanovic@gmail.com

***Abstract:** Congestion pricing is the strategy that large cities with pronounced congestion and ecological problems use to solve the problem. Although the main goal is to solve environmental problems and problems of traffic jams, the manager of the zone for which congestion is charged (city authority), it also generates a certain income. Many places in the world are applying or attempting to apply this concept. This paper will present examples of cities in which this concept was successfully implemented, as well as cities where this concept was not successful. Analysis of advantages and disadvantages of this concept will be conducted. Based on this analysis the future decisions on the introduction of this concept can be more successful due to lessons learned from failed cases.*

***Key words:** Congestion pricing, traffic congestion, congestion charge.*

1. УВОД

У свету је данас јако важно питање животне средине, тренутно стање у животној средини као и узроци погоршања стања. Фактори који утичу на животну средину су бројни, а један од њих је и саобраћај који на животну средину може утицати на различите начине. Утицај саобраћаја на животну средину зависи од вида саобраћаја, од начина на који се покрећу мотори превозних средстава итд. Један од негативних утицаја на животну средину су и саобраћајна загушења јер се тада емитује велика количина штетних материја у ваздух. Као мера заштите уведен је систем наплате загушења.

1.1 Концепт наплате загушења

Наплата загушења је концепт тржишне економије који је у вези са механизмом управљања ценама. Њен економски разлог је да се у случају када је потражња већа од понуде, односно када имамо појаву саобраћајних загушења, да се цена са нуле повећа. То повећање може бити у појединим периодима времена или на појединим местима где се јављају саобраћајна загушења. Према економској теорији, иза наплате загушења и саме цене циљ ове политике је и да корисници постану свесни трошкова који настају при коришћењу одређене саобраћајнице или дела града и да морају да плате за загушење који они сами стварају. На тај начин се подстиче прерасподела потражње у простору или у времену. Такође може довести и до тога да корисници одустају од коришћења путничког аутомобила и преласка на коришћење алтернативних видова попут јавног масовног транспорта путника.

Примарни разлог увођења овог концепта јесте да се смање саобраћајна загушења у периоду када су максимални саобраћајни захтеви, а секундарни разлог је да се генерише одређени приход. Као и све друго и наплата загушења наилази на одређене проблеме, ти проблеми су да је:

- политички непопуларна;
- више погађа сиромашније грађане;
- не постоји прецизан начин да се утврде цене;
- стварају се додатни проблеми на паркиралиштима изван зоне за коју се врши наплата загушења;
- поставља се и питање слободе грађана.

2. ПОЗИТИВНИ ПРИМЕРИ НАПЛАТЕ ЗАГУШЕЊА

2.1. Наплата загушења у Лондону

Са наплатом загушења у Лондону кренуло се 17.02.2003. год., а 19.02.2007. год. наплата загушења је проширена и на западни део Лондона (Слика 1). Наплата се врши од понедељка до петка у периоду од 07.00 h до 18.30 h. Примарни циљ увођења наплате био је смањење великог протока у централној зони града и повећање инвестиционог фонда транспортног система Лондона. Такса коју су корисници плаћали за приступ зони под наплатом мењала се од 5£ 2003. год. до 11.50£ 2014. год. (Табела 1). Уколико се уплата изврши на дан путовања до поноћи стандардна такса износи 11.50£, а ако се плаћање изврши наредног дана 14£. За неплаћање казна износи 65£ уколико се казна плати у року од 14 дана и расте до 195£ уколико се не плати након 28 дана.

Табела 1. Промена цена наплате загушења

Датум	Цена (£)	Повећање (%)
Фебруар 2003	5	-
Јул 2005	8	60
Јануар 2011	10	25
Јун 2014	11.50	15

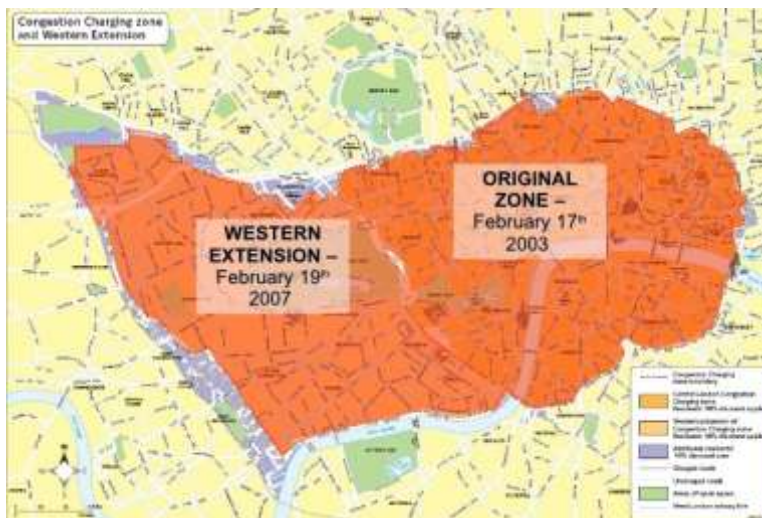
Извор: https://en.wikipedia.org/wiki/London_congestion_charge

Постоје два система за аутоматско плаћање: „Наплата загушења ауто плаћање“ и „Возни парк ауто плаћање“. Предности првог систем су:

- никад не заборавите да платите;
- смањена је дневна цена на 10.50£;
- заштита од казни докле год је возило регистровано и налог активан;
- могућност регистрације до 5 возила.

Да би се регистровани за плаћање овим системом потребно је да имате 18 година, унесете број рачуна и дате податке о возилу или возилима која желите да региструјете.

Други систем је доступан једино комерцијалним корисницима тј. онима који поседују у свом возном парку више од шест возила. Такође, предности овог система су: јефтиније је (10.50£), брже кретање возила (мање се времена троши на администрацију), нема казни и наплата је директна.



Слика 1. Зоне под наплатом загушења у Лондону (Извор: <https://www.slideshare.net/srackley/c-charge-example-2london-congestion-charge-fehs-student-example-2>)

2.2. Наплата загушења у Стокхолму

У Стокхолму је у јануару 2006. год. започето са пробним системом наплате загушења. Проба је трајала седам месеци, односно до јула 2006. год. Примарни циљ за увођење наплате загушења је да се смање саобраћајне гужве и побољша стање животне средине у Стокхолму, али и да се новац од наплате искористи за улагање у нову инфраструктуру. Током пробног периода загушења су смањена за око 30 до 50%. У септембру 2006. год. одржан је референдум на ком су становници Стокхолма гласали да ли је потребно трајно спроводити наплату загушења, где је њих 53% гласало за. Након референдума систем није био подржан од стране свих политичких странака у Стокхолму. Ипак, тада владајућа странка одлучила се за увођење система наплате загушења 20. јуна 2007. год., а коначно се са наплатом кренуло 1. августа 2007. год. Систем се састоји од 18 локација, лоцираних на деловима мреже на којима су највећа саобраћајна загушења, и оне формирају спољни кордон око центра града. На тим тачкама су постављене камере које снимају регистарске ознаке возила. Наплата се врши радним данима у периоду од 06.30h до 18.30h. Бесплатан улазак у централну зону је такође државним празницима и у месецу јулу. У току једног дана, у периоду наплате, цена варира. Не постоји могућност да се такса плати на контролним местима већ се власнику возила шаље месечна фактура за укупан трошак настао у том месецу и на тај начин су избегнути додатни трошкови плата запосленог особља. Нека возила су изузета од наплате као нпр.: возила хитне службе, аутобуси укупне тежине мање од 14t, мотоцикли и возила дипломата. Накнадно се наплате ослобађају возила особа са инвалидитетом, али само уколико возило не користе у пословне сврхе.

Табела 2. Варијације цена и току дана

Период дана	Цена у СЕК (10СЕК=1Е)
06.30-07.00	10
07.00-07.30	15
07.30-08.30	20
08.30-09.00	15
09.00-15.30	10
15.30-16.00	15
16.00-17.30	20
17.30-18.00	15
18.00-18.30	10

Извор: https://en.wikipedia.org/wiki/Stockholm_congestion_tax

Са увођењем наплате смањен је број пређених километара возила у посматраној зони, па самим тим су смањене и емисије које су последица саобраћаја. Највеће смањење примећено је у централној зони и износило је између 10% и 15% (зависно од врсте емисије). Пошто је централна зона густо насељена ово смањење је значајно са здравственог аспекта.



Слика 1. Зона под наплатом загушења у Стокхолму (Извор: <http://www.roadtraffic-technology.com/projects/stockholm-congestion/stockholm-congestion3.html>)

2.3. Наплата загушења у Сингапуру

Са наплатом загушења у Сингапуру почело се још 1975. год. и то пројектом под називом „Лиценцирана област“ који је трајао до 1998. год. и био само један од бројних политика против саобраћајних загушења. Наплаћивао се улазак у централну зону Сингапура и као једини циљ се наводи управљање саобраћајним захтевима. Ово је први систем наплате загушења који се успешно примењује у свету. Зона под називом „Забрањена зона“ је у почетку обухватала 6км² централне пословне зоне града, а касније је проширена на 7,25 км². Наплата се вршила од понедељка до суботе током јутарњег вршног сата, тј. од 07.30 h до 09.30 h. У почетку су коришћене папирне налепнице у бојама које означавају различиту врсту возила. 1994. год. систем је проширен тако да се наплата врши до 18.30 h, како би се обухватио и поподневни вршни час. Такође, овај систем наплате загушења праћен је и растом цена паркирања у посматраној зони. Власти у Сингапуру су се различитим политикама (промовисањем јавног превоза, различитим порезима за поседовање аутомобила, порезима на гориво итд.) бориле да смање употребу аутомобила као и укупан број аутомобила у граду, да би у 2010. год. само 32% домаћинстава поседовало аутомобил без обзира што је то део Азије са највећим примањима по становнику.



Слика 2. „Забрањена зона“ под наплатом загушења у Сингапуру (Извор: https://en.wikipedia.org/wiki/Singapore_Area_Licensing_Scheme)

На електронску наплату Сингапур је прешао 1. септембра 1998. год. Систем функционише тако што у транспондер у возилу возач убаца картицу коју може купити у банци и допунити је онлајн или на банкоматима. Најновија генерација тзв. „паметних картица“ омогућава поред плаћања уласка у зону и плаћање паркирања као и рачуна у бројним продавницама. Цене варирају зависно од врсте возила. Од наплате су изузета једино војна возила и возила у случају вандредних ситуација, а за посетиоце постоји могућност изнајмљивања транспондера. Циљеви власти су да се на градским улицама задржи брзина од 20-30 км/х, а на аутопуту кроз град 45-65 км/х. Интензитет саобраћаја у зони под наплатом смањен је за 18-21%, односно у самом центру града 10-15%. Брзина на аутопуту се повећала за 20%, а 63% људи који улазе у град се одлучује за јавни превоз.



Слика 3. Електронска наплата загушења у Сингапуру (Извор:<http://commonsabundance.net/docs/political-attents-to-reduce-car-use-in-cities/>)

2.4. Наплата загушења у Милану

Милано је град који има највиши степен моторизације. Половина грађана користи приватне аутомобиле и моторе, а град је и трећи је по реду од европских градова са највећом концентрацијом честица у ваздуху. Такозвана „Област Ц“ у Милану почела је као пилот програм, као резултат делимичног спровођења резултата референдума који је одржан 2011. год. Циљеви програма су да се:

- драстично смање саобраћајна загушења у центру града;
- промовише мобилност и јавни превоз; и
- смањи постојећи ниво смога.

Програм је био привремено суспендован у периоду од 25. јула до 17. септембра 2012. год., због пресуде Државног савета, након протеста власника паркинга у центру Милана. Као стални програм дефинитивно је одобрен 27. марта 2013. год. Да би се приступило систему потребно је купити карту која кошта 5€, на трафикама или паркинг апаратима. Након куповине, карту је потребно и активирати слањем СМС поруке, позивом контакт центра, на сајту или у канцеларијама општине. Накнада се односи на свако возило које улази у центар града током недеље (изузев суботе) у периоду од 07.30 h до 19.30 h. Такође и становници зоне под наплатом морају да плате како би дошли до куће, али имају 40 бесплатних приступа годишње и нижу цену од 2€. У посматрану зону забрањен је приступ возилима са дизел моторима Еуро 3 и ниже, бензинским Еуро 0 и приватним возилима дужим од 7 м. Електрична возила, мотоцикли и скутери, возила јавних комуналних предузећа, полиције и хитне помоћи, аутобуси и такси возила су ослобођена такси. Постоје 43 приступне тачке, од којих је 7 намењено јавном превозу (Слика 5).



Слика 4. Приступне тачке зони под наплатом загушења у Милану
(Извор: <http://www.eltis.org/discover/news/congestion-charge-milan-37-less-traffic-first-week-italy-0>)

Успех програма је у генерисаном приходу и позитивним променама везаним за загађење. Приход од наплате загушења у „Области Ц“ се користи за финансирање других постојећих или будућих пројеката одрживе мобилности.

2.5. Наплата загушења у Риму

Последњих 35 година на градском подручју Рима примећен је нагли скок у броју пређених километара. Тај скок није пратио развој јавног градског транспорта путника. Данас је удео јавног превоза 1/3 од укупног броја моторизованих кретања. Оваква расподела доводи до великог броја приватних аутомобила упркос недостатку паркинг места. Историја контроле приступа у Риму почела је 1989. год. од када је активна тзв. „Зона ограниченог саобраћаја“, која покрива око 5 км² и обухвата главне културно историјске споменике, управне зграде власти и скуп стамбени простор и болнице. Приступ зони се наплаћује радним данима од 06.30 h до 18.00 h и суботом од 14.00 h до 18.00 h. За становнике зоне под наплатом приступ је бесплатан. За приступ систему се користе 24 локације, а за излаз из зоне 29 локација. Возила се идентификују на различите начине зависно од категорије корисника. Становници најчешће у својим возилима имају инсталиран ОБУ уређај који користе и за електронско плаћање путарине и за плаћање паркинга у Риму.



Слика 5. „Зона ограниченог саобраћаја“ у Риму
(Извор: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZTL_Rome_04_2016_6064.JPG)

2.6. Наплата загушења у Бергену

Наплата загушења у Бергену је јединствен систем не само јер је први у Норвешкој већ и зато што је као најмањи остваривао најмањи бруто приход од три норвешке шеме. Национална управа за јавне путеве у Норвешкој је у јуну 1985. год. дала шему за наплату, а седам месеци касније систем је завршен. Наплатне станице су постављене на свим главним прилазним правцима који воде до центра града. У почетку их је било шест, а касније је додато још пет. Таксу плаћају сва возила која у посматрану зону желе да уђу између 06.00 h и 22.00 h, радним данима тј. од понедељка до петка, а таксу не плаћају аутобуси. Мануелни систем наплате замењен је електронским 1. фебруара 2004. год. Тај електронски систем функционише у Ослу и Трондхејму од 1991. год и функционише на принципу ОБУ уређаја уграђених у возило. Са наплатом се требало престати 2001. год. али је развијен нови транспортни модел града па је наплата загушења задржана као извор прихода.



Слика 6. Систем у Бергену
(Извор: <http://www.en.bomringenbergen.no/how-does-it-work/>)

2.7. Наплата загушења у Ослу

Програм наплате загушења у Ослу је у употреби од 1990. год. са мањим изменама. Осло је пратио пример Бергена. Циљ је био да се генерише додатни приход за развој инфраструктуре. Зона под наплатом путарине је кружни прстен од 5-8 км од центра града. Постоји 19 наплатних рампи које су углавном лоциране на главним путним правцима, мањи број њих на путевима нижег ранга (Слика 8). Сви возачи који желе приступити зони морају платити таксу и наплата се врши 24h дневно свим радним данима и викендом, укључујући и празнике. Од наплате су изузети: аутобуси, возила хитне службе, мотоцикли, мопеди, електрична возила и возила особа са инвалидитетом. У почетку се плаћање вршило ручно, да би се од 1991. год. прешло на електронску наплату уз помоћ ОБУ уређаја који се налазе у возилу.



Слика 7. Шема станица за наплату у Ослу
(Извор: <http://www.isis-it.net/curacao/?compare=sch>)

2.8. Наплата загушења у Валети

Валета је са својих 0,8 км² најмањи главни град у Европској Унији. Статистике показују да је од 1990. год. до 2003. год. у овом граду забележен драстичан пораст броја регистрованих возила. У 2014. год. имали су већи број возила по глави становника него развијеније земље. Просечна кашњења у саобраћају у Валети су 17 секунди/км, док је европски просек 5,7 секунди/км. Саобраћајна кашњења, недостатак приступачности, неадекватна инфраструктура за паркирање и саобраћајна загушења су основни проблеми у Валети. Прво је уведен систем да само возачи који плаћају годишњу карту (њих 32.000) и који имају вињету на ветробранском стаклу могу да приступе граду. Та вињета је коштала 46 €. Затим је 2007. год. уведен систем „Контролисан приступ возилима“ који је био базиран на принципу плаћања по пређеном километру. Циљ система који је заменио вињете је да се:

- повећа доступност;
- подстиче боље искоришћење паркинг места;
- побољша квалитет живота становника;
- побољша опште окружење; и
- промовише пословна активност.

Систем ради на принципу препознавања регистарских ознака путем 24 камере постављене по граду које су повезане са системом наплате уласка у зону и паркинга. Приступ је бесплатан у првих 30 минута, после 14 h (од понедељка до петка), викендом и државним празницима. Предузећа и њихови запослени (ако је реч о неким врстама испорука) могу се пријавити за бесплатан улазак у зону током редовног радног времена, чиме зона постаје атрактивнија за предузећа и јача се локална економија. Постоје различити начини наплате: чеком, готовином, кредитним картицама и преко сајта.

2.9. Наплата загушења у Гетеборгу

У Гетеборгу је наплата загушења уведена како би се у централној зони града смањила саобраћајна загушења и побољшало стање животне средине. Уведена је 1. јануара 2013. год. по моделу из Стокхолма. У Гетеборгу се такса наплаћује и за возила која само пролазе кроз град. Нема подстицаја за вожње око града а не кроз град, што је основна разлика у односу на остале програме наплате загушења. На пример, у Стокхолму се такса наплаћује само возилима која и улазе и излазе из града, што у Гетеборгу није случај. На свим улазима у посматрану зону постоје електронске контролне тачке. Износ таксе коју је потребно платити зависи од времена када се приступа систему, па се не наплаћује суботом, недељом, државним празницима у месецу јулу и ноћу тј. од 18.30h до 05.59h. Уколико возило у току једног сата наплате пролази кроз две станице само плаћа једну таксу, ону вишу. Нека возила су изузета од плаћања али ипак еколошка возила и даље морају да плаћају таксу.

Табела 3. Цена таксе у Гетеборгу

Време	Цена у СЕК (10СЕК=1Е)
00.00-05.59	0
06.00-06.29	9
06.30-06.59	16
07.00-07.59	22
08.00-08.29	16
08.30-14.59	9
15.00-15.29	16
15.30-16.59	22
17.00-17.59	16
18.00-18.29	9
18.30-23.59	0

Извор: (https://en.wikipedia.org/wiki/Gothenburg_congestion_tax)

3. НЕГАТИВНИ ПРИМЕРИ НАПЛАТЕ ЗАГУШЕЊА

3.1. Наплата загушења у Њујорку



Наплата загушења у Њујорку се спомињала 70-их година прошлог века. Пројекат је детаљније представљен 22.04.2007. год., када се износе иницијативе да се повећа употреба бицикала, да се прошире „фери“ станице и у већој мери санкционишу саобраћајни прекршаји. Уз транспортне иницијативе циљ пројекта је да се створи боље окружење за становање, да се обезбеде чистији и поузданији извори енергије, побољша квалитет ваздуха и воде и да се реше питања климатских промена. Предлог није усвојен јер није никада ни стављен на гласање у скупштини Њујорка. Да је прихваћен био би једини такав план усвојен у САД-у. У Табели 4 су дати ставови становника Њујорка о наплати загушења у овом граду.

Слика 8. Предлог наплате загушења у Њујорку
(Извор: <http://roadpricing.blogspot.rs/2012/03/new-york-congestion-pricing-2012.html>)

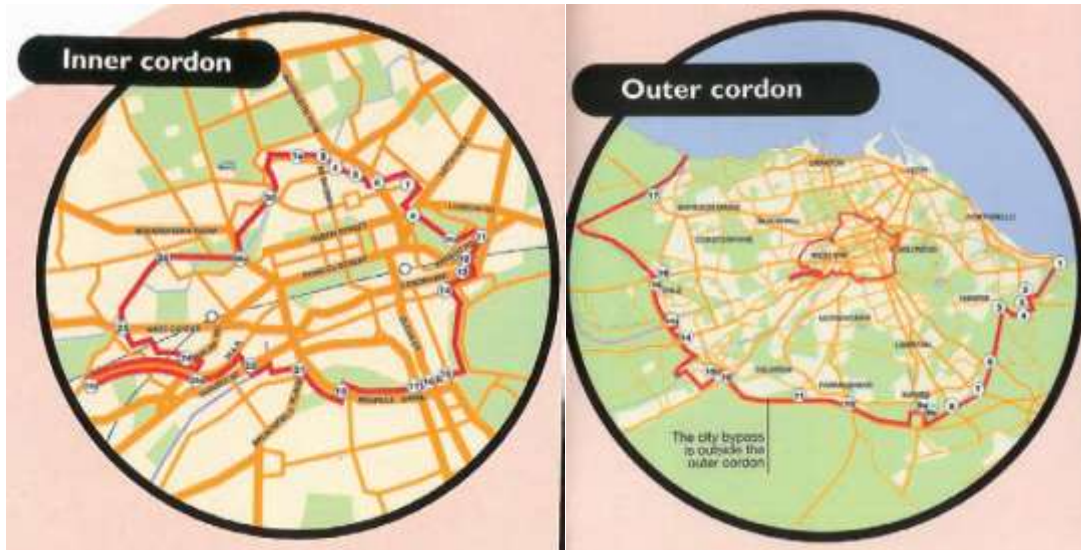
Табела 4. Ставови о наплати загушења у Њујорку

		Ставови оних који подржавају наплату загушења	Ставови оних који не подржавају наплату загушења
Друштвени утицаји		Смањење загушења у саобраћају	Наплата загушења погађа запослене који користе возило до посла
		Додатна новчана средства за улагање у транзитне саобраћајнице	Наплата представља социјалну меру елите из Менхетна
		Смањење загађења ваздуха	Слаб утицај на саобраћај у Менхетну (јер су главни узроци загушења такси возила и камиони)
		Унапређење одрживог развоја и побољшање квалитета живота у градовима	Преусмерење прихода
		Обесхрабрење употребе возила	Неповерење да ће се приход користити за побољшања система
Индивидуални утицај	Утицај на возаче у транзиту	Новчана улагања у транзит	Возови и аутобуси ће стварати гужву
		Побољшање транзитних саобраћајница доведиће до повећања броја возила у транзиту	
	Утицај на локалне возаче	Возачи ће имати боље транзитне алтернативе	Транзит није нити ће бити одржива алтернатива возњи
		Смањено загушење у саобраћају	Вредност уштеде у времену путовања (ако их има) не вреди 8\$ колико је такса

Извор: Schaller, B. (2010), *New York City's Congestion Pricing Experience and Implications for Road Pricing Acceptance In the United States*, *Transport Policy* 17, 266-273

3.2. Наплата загушења у Единбургу

У Шкотској, град Единбург, је тражио да се уведе наплата загушења као начин борбе против загушења. Савет града предложио је да се наплата загушења спроведе у два кордона, унутрашњи у центру града и спољни по градској обилазници. Очекивало се да шема донесе приход од 760.000.000£ које ће бити уложене у побољшање јавног превоза. У фебруару 2005. год. одржан је референдум на ком су становници одбили увођење ове шеме, њих 74%. Шема је наишла на неуспех због: недостатка политичке воље, неповерење у мотиве управе, одсуство моћног борца за шему наплате загушења, опозиције која има значајну улогу и одржаног референдума.



Слика 9. Унутрашњи и спољни кордон наплате загушења у Единбургу (Извор: ISON, S.G. and ENOCH, M.P., 2005. *Implementation issues and the failure of congestion charging in Edinburgh. Tra-c engineering and control*, 46 (4), pp. 132-134)

3.3 Наплата загушења у Ротердаму

Ротердам, други по величини град у Холандији, на свом урбаном подручју има путеве са високим интензитетом саобраћаја. Лука, која је међу највећим у свету, и друмски транспорт доводе до загушења на прстену око Ротердама. Иза увођења пројекта стоји лука Ротердам чији је циљ био да се смање гужве како би постала конкуретнија међу осталим лукама. Истраживачи у Ротердаму су дошли до закључка да овај концепт није погодан за увођење у Ротердаму јер систем јавног превоза у том граду није добра алтернатива за већину корисника. Поред тога, Ротердам је за велики број возњи само пролазна тачка, а не крајња. Сматрали су да потражња система не би опала, а самим тим се ни саобраћајна загушења не би смањила.

3.4. Наплата загушења у Манчестеру

Пројекат наплате загушења у Манчестеру је део понуде фонда Владе за транспортне иновације. Циљ пројекта је био да се новац усмери на побољшање јавног превоза, да се кроз донације и кредите побољша метро у Манчестеру и да се смање саобраћајна загушења. Предлог је био да се уведу два кордона, спољни око града и унутрашњи око саме централне зоне града. Подручје би обухватало око 210 км². 24. октобра 2008. год. формирана је коалиција „Стоп наплати загушења“ која се састоји од партијског савеза седам локалних посланика и лидера три савета који се противе плановима. Противљења пројекту довели су до референдума који се одржао 12. децембра 2008. год. Гласање је обављено у десет локалних одбора, а било је потребно да се добије подршка од њих осам. Ипак, у већини одбора предлог је одбачен.



Слика 10. Предлог наплате загушења у Манчестеру

(Извор: https://en.wikipedia.org/wiki/Greater_Manchester_congestion_charge)

4. ЕФЕКТИ ПРИМЕНЕ НАПЛАТЕ ЗАГУШЕЊА

Бројна инострана истраживања су спроведена како би се утврдили ефекти увођења наплате загушења у појединим градовима. Најзначајнији резултати ових анализа су сумирани у следећим табелама.

4.1. Утицаји на параметре саобраћајног тока

Генерално је утврђено да наплата загушења може довести до смањења интензитета саобраћаја за 10-30%, у зависности од примењеног система. Још значајнији индикатори саобраћајног тока су смањења у времену путовања, променљивости времена путовања и броју пређених километара (Табела 5).

Табела 5. Утицаји наплате загушења на параметре саобраћајног тока

	Лондон	Сингапур	Стокхолм	Милан	Гетеборг	Рим
Интензитет саобраћаја	-16% (2006), -30% возила са накнадом, +25% аутобуса, +15% такси возила, +49% бицикла. -21% (2002-2008)	-44% након увођења наплате, -10%-15% након увођења ЕНП, -20%-30% након унапређења.	-20% дуж коридора	-34% (-49% ТВ)	-10% на коридору, -25% возило-км у Гетеборгу.	-20% на коридору, +15% мотоцикл.
Време путовања	-30% врем. губитака	Критеријум брзине 20-30km/h (у центру), 45-65 km/h(град. АП).	-33% врем. губитака	-17% при загушењу, +7% брзина БУС, +4,7% брзина ТРАМ.	-10%-20% средњег времена путовања	+4% у брзинама, +5% у брзин. ЈГТП
ЈГТП	+18%	н.а.	+5%	н.а.	+6%	+5%

4.2. Утицаји на животну средину

Један од главних разлога за подршку увођења наплате загушења је смањење емисија и формирање одрживог транспортног система. У Табели 6 су приказани ефекти увођења овог концепта на емисију штетних гасова.

Табела 6. Утицаји наплате загушења на животну средину

	Лондон	Сингапур	Стокхолм	Милан	Гетеборг	Рим
CO₂	-16,4%	н.а.	-13%	-22%	-2,5%	-21%
NO_x	-13,4%	н.а.	-8%	-10%	Непоуздано	н.а.
PM_{2.5}	н.а.	н.а.	н.а.	-40%	Непоуздано	н.а.
PM₁₀	-15,5%	н.а.	-13%	-19%	Непоуздано	-11%

4.3. Утицаји на економију

Најважнији економски параметри увођења система наплате загушења су приказани у Табели 7. У њој су наведене вредности капиталних трошкова, оперативних трошкова, оствареног прихода и профита.

Табела 7. Економски утицаји наплате загушења

	Лондон	Сингапур	Стокхолм	Милан	Гетеборг
Профит	110-150 мил. \$/год.	51 мил. \$/год.	80 мил. \$/год.	16 мил. \$/год.	1,8 мил. \$/год.
Уштеђени сати	12.000 (2007)	н.а.	30.000 (дневно)	н.а.	н.а.
Приход	352 мил. \$/год. (2014.)	60 мил. \$/год.	94 мил. \$/год.	28 мил. \$/год.	99 мил. \$/год. + 9,6 мил. \$/год. на основу казни
Капитални трошкови	245 мил. \$	200 мил. \$ (укључујући 68.000 тагова)	217 мил. \$ (ДСРЦ систем)	7,5 мил. \$	105 милиона \$
Оперативни трошкови	135 мил. \$/год. у периоду експл., 68 мил. \$/год.	12,8 мил. \$/год. (20%-30% прихода)	н.а.	27 мил. \$/год.	115 мил. \$/год., 0,22 \$ по проласку = 21% накнаде у периоду наплате са мањом ценом, 10% у периоду веће цене

(Извор: GIZ & ADB. 2015. Report. Introduction to Congestion Charging: A Guide for Practitioners in Developing Cities.)

5. ПРЕДНОСТИ И РИЗИЦИ КОНЦЕПТА НАПЛАТЕ ЗАГУШЕЊА

У наредној табели биће приказане предности и ризици наведеног концепта, до којих се дошло истраживањем у градовима у којима се успешно примењује и у градовима у којима се покушало са увођењем истог.

Табела 8. Предности и ризици концепта наплате загушења

ПРЕДНОСТИ	РИЗИЦИ
Смањење саобраћајних загушења	Политички непопуларан
Побољшање животне средине - смањење нивоа смога и штетних материја	Питање слободе грађана
Додатни приход	Проблем дефинисања цена
Смањење употребе путничког аутомобила	Више погађа сиромашније грађане
Прерасподела потражње у простору и времену	Проблем паркирања изван зоне под наплатом
Промоција алтернативних начина превоза	

Извор: (Аутору)

6. ЗАКЉУЧАК

На основу истраживања наплате загушења у градовима у свету дошло се до закључка да уколико не постоји политичка подршка систем генерално неће заживети, јер политичари и власт су ти који утичу како на доношење одлуке тако и на промоцију система. Углавном се систему противе удружења за заштиту грађана који сматрају да се на тај начин утиче на слободу кретања грађана. У градовима у којим се успело са применом концепта смањила су се саобраћајна загушења у централним зонама, а самим тим се и побољшао квалитет животне средине јер мањи број возила емитује мање штетних материја. Такође кроз овај систем генерише се одређени приход који се улаже у побољшање транспортног система и инфраструктуре.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Litman, T., 2006. *London Congestion Pricing Implications For Other Cities*, Victoria Transport Policy Institute
- [2] Eliasson, J., 2014. *Stockholm's Congestion Pricing*, Tools Of Change Highlights Series.
- [3] Menon, A.P. Gopinath, Loh, N., 2015. *Singapore's Road Pricing Journey– Lessons Learnt and Way Forward*, available:https://www.lta.gov.sg/ltaacademy/pdf/J15Nov_p18Menon_SingaporesRoadPricing.pdf.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Milan_Area_C (25.05.2017.).
- [5] Whitehead, J., Franklin, J., Washington, S., *The impact of a congestion pricing exemption on the demand for new energy efficient vehicles in Stockholm*, Transportation Research Part A, 70, 24–40.
- [6] <http://www.eltis.org/discover/case-studies/vallettas-pioneering-congestion-charge-malta>.
- [7] Börjesson, M., Eliasson J., Hamilton, C. 2016. *Why experience changes attitudes to congestion pricing: The case of Gothenburg*, Transportation Research Part A, 85, 1–16.
- [8] Dirk van Amelsfort, *Introduction to Congestion Charging A Guide for Practitioners in Developing Cities*, available at: www.adb.org (01.06.2017.).
- [9] Schaller, B., 2010. *New York City's congestion pricing experience and implications for road pricing acceptance in the United States*, Transport Policy, 17, 266–273.
- [10] McLeod, K., Healy, S., 2006. *A business management approach to transport some lessons learned from congestion charging in edinburgh*, Association for European Transport and contributors
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Greater_Manchester_congestion_charge (05.06.2017.)
- [12] ISON, S.G. and ENOCH, M.P., 2005. *Implementation issues and the failure of congestion charging in Edinburgh. Tra-c engineering and control*, 46 (4), 132-13.
- [13] Deelen, D., *Congestion Pricing in the Netherlands A comparison of two road pricing systems*, Erasmus University Rotterdam.
- [14] Asian Development Bank (ADB) and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2015. Report. *Introduction to Congestion Charging: A Guide for Practitioners in Developing Cities*.

UTICAJ NAPLATE KORIŠĆENJA URBANIH DEONICA GRADOVA NA ŽIVOTNU SREDINU

Đorđe Sokić,¹ dipl. inž. saob.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, email: solesoko92@gmail.com

Nemanja Stepanović, master inž. saob.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, email: n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Sa povećanjem broja stanovnika u gradovima, dolazi i do pojave većeg broja automobila na gradskim deonicama. Povećanje broja automobila, uz nedovoljne postojeće kapacitete dovodi do zagušenja. Zagušenja su jedan od najvećih problema većih urbanih područja. Pored toga što utiču na uslove u saobraćaju, zagušenja imaju veliki uticaj i na životnu sredinu, posebno kvalitet vazduha. Da bi se smanjile ove negativne posledice razvijaju se razne strategije i politike na ovu temu. Jedan od načina za smanjenje negativnih posledica zagušenja je i uvođenje naplate korišćenja urbanih deonica. Naplata korišćenja urbanih deonica ima za cilj bolju distribuciju korisnika na gradskoj saobraćajnoj mreži, čiju prednost osećaju korisnici koji veliki značaj daju vremenu putovanja. Ovakav način upravljanja zahtevima se pojavio prvo u Evropi u Geteborgu i Trondhajmu i na dalekom istoku u Hong Kongu i Singapuru. Prvi veći grad u Evropi koji je primenio ovaj sistem je London, a za njim slede gradovi kao što su Stokholm, Kopenhagen i dr. U ovom radu je poseban akcenat stavljen na iskustva i rezultate u primeni ovog sistema za veće gradove, kao što su London i Stokholm. London je ovu strategiju primenio 2003. godine i odmah je identifikovano smanjenje saobraćajnih tokova u centru Londona. Ukupna emisija NOx u zoni naplate je smanjena za 12%, dok je emisija PM10 smanjena za 11,9%. Konačno, smanjenje emisije CO2 ima vrednost od skoro 20%. Što se tiče rezultata dobijenih u Stokholmu, smanjenje ukupnih emisija NOx i PM10 nakon primene ovog sistema je za 8,5%, odnosno 13%, respektivno.

Ključne reči: Zagušenja, naplata korišćenja urbanih deonica, životna sredina

THE IMPACTS OF CONGESTION PRICING ON URBAN SECTIONS OF CITIES ON THE ENVIRONMENT

Đorđe Sokić,¹ B.Sc. TE

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, email: solesoko92@gmail.com

Nemanja Stepanović, M.Sc. TE

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, email: n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Abstract: Increasing population in cities leads to appearance of large number of vehicles on urban street sections. Increase of the vehicles number, with insufficient existing capacity, leads to traffic congestion. Traffic congestions are one of the biggest problems of large urban areas. In addition to traffic conditions, congestions have a major impact on the environment, especially air quality. In order to minimize above-mentioned negative consequences, variety of strategies and policies covering these topics are being developed. One of the most effective measure for reducing negative effects of congestion is congestion pricing for urban road network. Congestion pricing i.e charging for the urban road section usage, aims better distribution of the users of city transport network, especially for users who attach great significance for travell time savings. This type of demand management measure made its first appearance in Europe in Gothenburg and Trondheim, as well as in the Far East in Hong Kong and Singapore. London has beocme the first major city in Europe to implement this measure, followed by Stockholm, Copenhagen and others. The emphasis of this paper is literature rivew of experience and results of the application of this measure in big cities, such as London and Stockholm. London applied this strategy in 2003 and immediately identified the reduction of traffic flow volumes in the London city center. The total NOx and PM10 emissions in the congestion pricing zone have decreased by 12% and 11.9% respectively. Finally, the reduction of CO2 emissions has a value of almost 20%. As regards the results obtained in Stockholm, reduction of the total emissions of NOx and PM 10 upon application of this system was 8.5% and 13%, respectively.

Keyword: congestion, congestion pricing on urban sections, environment

¹ Đorđe Sokić: solesoko92@gmail.com

1. UVOD

Povećanjem broja stanovnika u najvećim gradovima, dovodi do pojave sve većeg broja putničkih automobila na gradskim deonicama. Povećanje broja automobila, uz nedovoljne postojeće kapacitete dovodi do zagušenja. Pojam saobraćajnog zagušenja se može definisati kao stanje na mreži pri kojem se povećavaju: vreme putovanja vozila (korisnika), vreme čekanja vozila (korisnika), troškovi vremena putovanja, potrošnja goriva kao i količina izduvnih gasova. Zagušenja su jedan od dominantnih problema većih urbanih područja. Pored toga što utiču na uslove u saobraćaju, zagušenja imaju veliki uticaj i na životnu sredinu, posebno kvalitet vazduha. Da bi se smanjile ove negativne posledice razvijaju se razne strategije i politike na ovu temu. Neke od strategija, odnosno politika koje se mogu primeniti prilikom rešavanja problema zagušenja su upravljanje zahtevima, promena vida prevoza, poboljšanja u funkcionisanju sistema i povećanje kapaciteta. Povećanje kapaciteta uključuje izgradnju novih saobraćajnica ili proširivanje postojećih, saobraćajnih objekata i obilaznica. Povećanje kapaciteta je često poslednja mera koja se primenjuje, jer je skupa i može imati nepovoljan uticaj na okolinu. Ovaj pristup rešavanju problema zagušenja daje dobre rezultate u kraćim vremenskim periodima jer nova saobraćajnica povećava atraktivnost, zbog čega se javlja novonastali saobraćaj, što može usloviti ponovnom nastajanjem zagušenja. Novonastali saobraćaj predstavlja dodatna putovanja vozilom kao posledica povećanog kapaciteta puta (Bresov paradoks). Takođe, strategija povećanja kapaciteta najčešće nije moguća, zbog fizičkog nedostatka prostora za realizaciju ove mere.

Najveći gradovi koji imaju problem sa kapacitetima i zagušenjima u najužim centrima, sve češće pribegavaju uvođenju naplate korišćenja urbanih deonica u cilju smanjenja zagušenja. Naplata korišćenja urbanih deonica ima za cilj bolju distribuciju korisnika na urbanoj saobraćajnoj mreži, čiju prednost osećaju korisnici koji daju veliki značaj vremenu putovanja. Sa druge strane, potrebno je obezbediti dobru alternativu korisnicima koji nisu u mogućnosti da realizuju svoje kretanje sa naplatom. Svetska praksa često navodi da je postojanje alternativnih koridora koji su prostorno paralelno pozicionirani sa deonicom na kojoj se vrši naplata, dobro opsluženi sistemom javnog masovnog transporta putnika.

2. OPŠTE O NAPLATI KORIŠĆENJA URBANIH DEONICA

Naplata korišćenja urbanih deonica je sistem koji se pokazao kao dobar alat kojim se upravlja zagušenjem, a samim tim povećava kvalitet vazduha u posmatranom području. Uticaj naplate korišćenja puteva zavisi od niza faktora, kao što su tip naplate, njen struktura, transportne i geografske okolnosti u kojima je implementirana. Na primer, fiksna naplata korišćenja puteva može minimalno uticati na smanjenje zagušenja ako su alternativne rute loše, a sa druge strane može proizvesti značajno smanjenje zagušenja ukoliko su transportne alternative privlačne. Takođe, naplatom se može postići da se problem zagušenja samo prebaci na druge rute ili oblasti [Popović J. 2009.].

Naplata korišćenja urbanih deonica može biti implementirana tako da se naplata odnosi na konkretnu oblast, ili može biti implementirana tako se naplata odnosi na korišćenje konkretnog koridora - trake. Uvođenjem sistema naplate postoji rizik od pojave preusmeravanja saobraćaja na puteve gde se ne vrši naplata, što može uzrokovati pojavu zagušenja u drugim zonama [Johansson C. et all. 2008.].

Jedan od najčešće primenjivanih vrsta naplate korišćenja puteva sa ciljem smanjenja saobraćajnih zagušenja u centralnim zonama grada je kordonska naplata, a podrazumeva postojanje jednog, dva ili tri kordona. Svaki kordon može biti nepravilnog kružnog oblika oko zone za koju se vrši naplata. U sistemu kordonske naplate korisnici plaćaju svaki put kada ulaze u oblast (zonu) grada u kojoj se vrši naplata. Visina tarife zavisiće od doba dana, smera kretanja, tipa vozila i popunjenosti vozila. Postoji ideja da kod naplate zasnovane na kordonu, vrednost tarife varira u zavisnosti od smera kretanja (ka centru ili od centra). Ovo podrazumeva da se kretanja ka centru naplate više u jutarnjem periodu, i obrnuto za popodnevni period. Na osnovu iskustava gradova koji već primenjuju ovaj sistem, utvrđeno je da kordonska naplata samo u vreme vršnog časa donosi bolje rezultate, nego 24-časovna naplata [Popović J. 2009.]. Tehnološki napredak omogućava realizovanje ove vrste naplate. To podrazumeva ugradnju uređaja u vozilo, sistem plaćanja i fakturisanja računa, komunikacioni sistem na relaciji put – vozilo, sistem za detekciju i klasifikaciju vozila. Takođe je neophodna kontrola i nadgledanje sistema, kako bi sa sigurnošću znali da se sistem poštuje. Kontrola i prinuda mogu biti sprovedene uz pomoć automatskog prepoznavanja registarskih oznaka, kao i video nadzorom u cilju pouzdanog beleženja nedisciplinovanih korisnika [Johansson C. et all. 2008.].

Primena strategije naplate korišćenja urbanih deonica, nimalo nije jednostavna i neophodno je da odgovori na par značajnih pitanja, kao što su: da li je mreža dovoljno razvijena da se saobraćaj može preusmeriti na pojedine delove grada, da li postoje razvijeni alternativni sistemi (sistem parkiranja, sistem JPP-a i dr), da li postoji saglasnost vlasti i stanovništva o primeni ovih mera, da li je stanovništvo dovoljno ekonomski sposobno da može da prihvati ove mere [Popović J. 2009.]...

Kako bi naplata korišćenja puteva dostigla ciljeve upravljanja zahtevima potrebno je:

- Odabrati određeni tip naplate čija implementacija je isplativa i prikladna za korisnike.
- Korišćenje tarifa koje zavise od vremena, više za vreme vršnog opterećenja u cilju smanjenja zagušenja.
- Primena naplate korišćenja urbanih deonica u cilju smanjenja zagušenja na već postojećoj mreži.
- Naplata individualnih putovanja. Destimulirati česte korisnike.
- Podstaci razvoj biciklističkog saobraćaja, vozila visoke popunjenosti, tranzita, fleksibilnog radnog vremena.
- Integrisana naplata sa drugim strategijama upravljanja zahtevima.

Fer i efektivan sistem naplate trebalo bi da poseduje sledeće principe:

- Lak za razumevanje
- Pogodan – ne zahteva zaustavljanje vozila
- Transportne opcije – korisnici imaju alternativu kako bi izbegli naplatu
- Transparentno – jasan uvid u tarifni sistem
- Anonimnost – privatnost korisnika je zagarantovana
- Pouzdanost – minimalni broj grešaka u naplati
- Fleksibilan – lako se prilagođava trenutnom stanju
- Isplativ – povraćaj investicija
- Efikasan – smanjuje saobraćajna zagušenja
- Implementacija – minimum ometanja za vreme faze razvoja, i mogućnost proširenja sistema
- Prihvaćen – percepcija javnosti o vrednosti sistema
- Okruženje – pozitivan uticaj na okruženje

3. PRIMERI NAPLATE KORIŠĆENJA URBANIH DEONICA

U cilju smanjenja zagušenja, a pritom i poboljšanja kvaliteta vazduha i okoline naplata korišćenja urbanih deonica i centralnih područja gradova postoji u svetu već više od trideset godina. Primenjena je prvo u Evropi, u Geteborgu i Trondhajmu i na dalekom istoku u Hong Kongu i Singapuru. Prvi veći grad u Evropi koji je primenio ovaj sistem je London, a za njim slede gradovi kao što su Stokholm, Kopenhagen i dr.

U nastavku su data iskustva nekih evropskih gradova koji su primenili ili još primenjuju ovu strategiju smanjenja zagušenja i poboljšanja kvaliteta vazduha i okoline u posmatranim područjima.

3.1. London

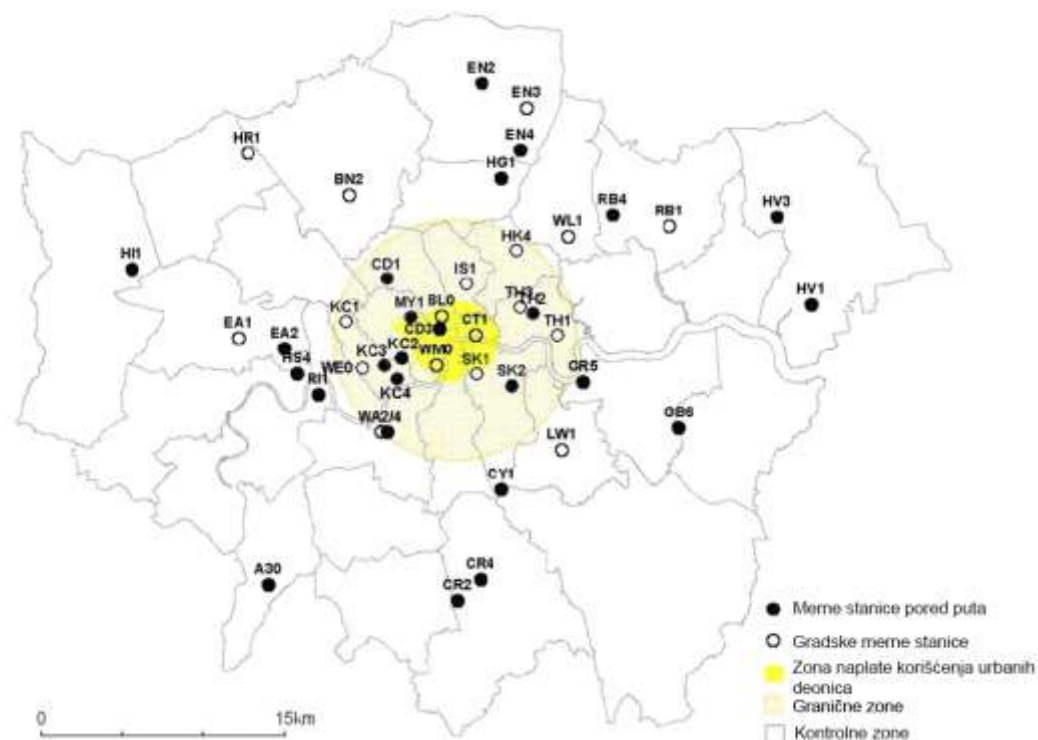
London je, 17. februara 2003. godine implementirao sistem naplate korišćenja urbanih deonica, sa ciljem smanjenja saobraćajnih zagušenja i to na površini od 22 km² ili 1,4% celokupne površine grada. Sistem funkcioniše po principu naplate prilikom ulaska vozila u posmatranu zonu i to u periodu od ponedeljka do petka, od 07:00 do 18:00 časova [Atkinson R.W. et all 2009.]. Od početka primene ovog sistema vrednost koju treba platiti povećana je sa £5 na £8. Naplata koja se sprovodi u Londonu može se ostvariti unapred ili u toku dana, i to putem mobilnog telefona, interneta, u prodavnicama ili na stanicama za snabdevanje gorivom. Kada se naplata obavi, registarske oznake vozila se prosleđuju u centralni kompjuter. Kamere su postavljene u zonama u kojima se vrši naplata, gde se vozila nakon fotografisanja registruju i upoređuju sa bazom podataka s ciljem provere realizacije naplate. Ukoliko naplata nije ostvarena ni do kraja dana račun se šalje vlasniku vozila. Plaćanje se može obavljati na nivou dana, nedelje meseca ili godine. Vozila se ne moraju zaustavljati da bi se fotografisala u zoni. Procenjeno je da su kamere u mogućnosti da uoče 80% neplaćanja, što je u suštini nisko u poređenju sa naplatom na preseku [Beevers S.D. et all 2004.]. Sistem naplate korišćenja urbanih deonica je komponenta strategije upravljanja saobraćaja koja podrazumeva i poboljšanje javnog prevoza (novi autobusi, autobuske trake, smanjenje emisije...). Glavni cilj uvođenja naplate korišćenja urbanih deonica je ispunjen. U prvoj godini obim saobraćaja koji ulazi u zonu pod naplatom je smanjen za 18%, a zagušenja u zoni su smanjena za 30% u odnosu na period pre implementacije ovog sistema. Dobijeni rezultati efikasnosti sistema su veoma slični rezultatima u ostalim gradovima, gde se sistem naplate korišćenja urbanih deonica primenjuje, kao što su Singapur, Stokholm i neki gradovi Norveške [Atkinson R.W. et all 2009.].

Istraživani su potencijalni uticaji uvođenja naplate korišćenja urbanih deonica na osnovu izmerenih koncentracija zagađivača u Londonu. Ispitivani zagađivači su: oksidi azota (NO_x), azot oksid (NO), čestice sa srednjim prečnikom od 10 mikrona (PM₁₀), ugljen monoksid (CO) i ozon (O₃). Iako su postojale slične studije u kojima su ispitivane povremene promene u izvorima zagađenja, ovde je prvi put ispitivan stalni uticaj naplate korišćenja urbanih deonica. Baš iz to razloga ova sprovedena istraživanja u Londonu smatraju se izuzetno značajnim jer pružaju veliki broj informacija [Atkinson R.W. et all 2009.].

Cilj ovog istraživanja bio je da se procene efekti uvođenja naplate korišćenja urbanih deonica na koncentraciju zagađenja u Londonu. Prišlo se ovom zadatku na tri načina. Prvi, i glavni cilj, kao što je već rečeno, ogleda se u proučavanju potencijalnog uticaja naplate korišćenja na koncentraciju zagađenja u okviru zone u kojoj je

ovaj sistem i primenjen. U drugom delu, ispitivani su mogući uticaji sistema naplate korišćenja urbanih deonica na okolne zone, i konačno da se ispita uticaj sistema naplate korišćenja urbanih deonica na koncentraciju zagađenja u dane vikenda, kada ovaj sistem ne radi. Na koncentraciju zagađenja u Londonu utiči i lokalni faktor i regionalni faktori. Neki od tih faktora su trend porasta broja vozila u Londonu, tehnologija vozila, meteorološki uslovi. Da bi se identifikovali uticaji sistema naplate korišćenja urbanih deonica na nivo zagađenja unutar posmatranih zona vrše se poređenja vremenskih promena koncentracija zagađenja na lokacijama unutar zone sa onima koja se nalaze u kontrolnom području, gde se pretpostavlja da na zagađanje utiču samo lokalni i regionalni faktori. Kontrolno područje je definisano kao oblast koja je 8 km i više udaljena od mesta gde se primenjuje sistem naplate korišćenja urbanih deonica. Da bi se procenio mogući uticaj sistema na koncentraciju zagađenja na okolno područje, tzv. graničnu zonu, posmatrane su vremenske promene u koncentraciji zagađenja sa svih dostupnih lokacija kako u samom centru Londona, tako i u područjima udaljenim od zone, gde se sistem naplate korišćenja urbanih deonica koristi. Ova analiza je ponovljena korišćenjem podataka o zagušenjima od 07:00 do 18:00 tokom vikenda, kada sistem nije u funkciji, kako bi se procenili uticaji sistema naplate korišćenja urbanih deonica na neradne dane [Atkinson R.W. et all 2009.].

Prosečne satne koncentracije zagađenja su zabeležene i praćene na nekoliko lokacija od strane Londonske mreže kvaliteta vazduha. Oksidi azota (NO_x), NO i NO₂ su praćeni na 102 lokacije, PM₁₀ na 87 lokacija, CO na 32 lokacije i O₃ na 29 lokacije (Slika 1). Prosečne dnevne koncentracije za svaki sat od 07:00 do 18:00 (ponedeljak-petak) su izračunate za period od 4 godine, 2 godine pre i 2 godine nakon implementacije sistema naplate korišćenja urbanih deonica. Dnevne koncentracije zagađenja za period 2 godine pre i 2 godine posle implementacije sistema su rezimirane, odnosno upoređene korišćenjem geometrijske sredine. Promene u koncentraciji zagađenja pre i posle primene sistema izražene su u procentima. Regionalni izvori zagađenja i izvori zagađenja unutar okolnih područja nisu se značajnije menjali tokom perioda od 2 godine pre i 2 godine nakon implementacije sistema naplate korišćenja urbanih deonica, izuzev O₃. Zbog toga nisu imali uticaj na obračun relativnih promena zagađenja. Međutim, koncentracija ozona u ruralnim područjima povećana je za 1,7 ppb između perioda pre i posle implementacije sistema. Izračunavanje procentualnih promena u koncentraciji ozona nakon primene ovog sistema su prelagodena na osnovu ovog povećanja. Sve analize su vršene u softverskom paketu SPLUS [Atkinson R.W. et all 2009.].



Slika 1. Lokacije mernih stanica, lokacija zone naplate, granične zone i kontrolne zone

Izvor: (The impact of the congestion charging scheme on ambient air pollution concentrations in London, R.W. Atkinson, B. Barratt)

Geometrijska sredina koncentracije NO_x, NO, NO₂, PM₁₀, CO i O₃ izmerene tokom funkcionisanja sistema unutar posmatrane zone, unutar granične zone i u kontrolnoj zoni, za 2 godine pre i 2 godine posle uvođenja sistema prikazana je na Slici 2 i 3. Ove tabele takođe, daju procenat promene na svakoj lokaciji zajedno sa prosečnim procentima promene za posmatrane stanice u kontrolnoj zoni [Atkinson R.W. et all 2009.].

Monitoring station	Dist	NO _x (ppb)			NO (ppb)			NO ₂ (ppb)			PM ₁₀ (µg m ⁻³)		
		Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%
Congestion charging zone													
CD3	1.0	107.6	102.2	-5.0	63.9	57.8	-9.5	42.1	43.0	2.1	41.0	43.3	5.6
Boundary zone													
MY1	3.0	187.3	193.9	3.5	133.4	123.1	-7.7	50.0	68.0	36.0	51.9	52.9	2.0
KC3	3.5	155.5	157.3	1.2	98.8	96.6	-2.2	54.8	58.8	7.4			
KC4	4.3	156.2	157.4	0.7	103.5	97.6	-5.7	50.8	58.1	14.3			
KC2	4.6	129.3	125.4	-3.0	82.5	76.0	-7.8	45.4	48.2	6.0	43.5	41.9	-3.6
SK2	4.8	96.3	82.2	-14.7	58.5	50.2	-14.2	36.3	37.0	1.8			
TH2	5.4	118.7	94.5	-20.4	78.7	57.7	-26.7	37.7	35.2	-6.6			
CD1	5.7										36.5	41.3	12.9
WA4	7.9	61.6	56.1	-8.9	32.3	26.8	-17.0	27.5	27.8	0.9	28.8	31.7	10.2
Control zone													
GB3	8.0	76.2	81.2	6.7	42.5	37.4	-11.6	32.4	27.7	-14.6	29.5	29.1	-1.6
RI1	9.0	47.9	45.7	-4.6	23.6	21.7	-7.9	23.3	23.1	-0.9	26.4	27.9	6.0
CV1	9.9	78.5	68.1	-11.9	45.4	38.4	-15.3	28.0	27.5	-1.6	32.8	29.2	-10.8
HS4	10.0	99.1	115.7	16.8	64.7	66.0	2.0	35.5	48.4	44.3	35.7	35.4	-0.8
EA2	10.5	88.6	90.4	2.1	55.8	54.3	-2.8	30.7	33.6	9.5	31.9	33.2	4.1
HG1	10.5	57.5	53.6	-6.7	31.3	27.4	-12.3	24.8	24.9	0.5	28.1	27.7	-1.3
BN4	12.6	74.5	73.2	-1.7	40.0	40.2	0.4	30.7	31.4	2.3	19.0	40.6	40
RB4	12.7	57.5	60.8	5.6	29.1	30.2	3.7	25.5	27.7	8.7	28.7	31.1	8.5
CR4	15.0	73.8	67.7	-8.3	41.4	35.4	-14.5	31.2	31.5	0.9	32.6	32.2	-1.2
GB6	15.2	87.1	72.2	-17.1	57.5	44.5	-22.7	27.3	25.5	-6.4	30.0	31.6	5.3
BN2	16.1	46.3	44.5	-3.8	21.6	20.0	-7.3	23.5	23.1	-1.7	28.3	28.9	2.0
CR2	16.3	104.9	91.3	-13.0	72.2	58.9	-18.5	29.0	29.9	3.0			
A30	19.1	105.5	118.5	12.3	70.3	71.7	1.9	34.4	42.6	23.7	29.4	33.0	14.5
HI1	20.5	76.1	74.3	-2.6	51.2	47.1	-8.0	24.4	26.3	8.0	28.9	31.5	9.0
HV3	21.7	60.7	56.7	-6.6	36.2	32.6	-10.1	23.1	22.9	-0.9	27.7	27.9	0.7
HV1	22.6	56.4	53.0	-5.0	29.9	28.3	-5.4	24.7	23.5	-4.5			
Average				-4.4			-9.4			3.7			2.5

Slika 2. Geometrijske sredine koncentracije zagađujućih materija na posmatranim mernim stanicama pored puta za pre i posle period implementacije sistema

Izvor: (The impact of the congestion charging scheme on ambient air pollution concentrations in London, R.W. Atkinson, B. Barratt)

Monitoring station	Dist	NO _x (ppb)			NO (ppb)			NO ₂ (ppb)			PM ₁₀ (µg m ⁻³)			CO (ppm)			O ₃ (ppb)			%	
		Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%		
Congestion charging zone																					
BLD	1.5	60.2	58.3	-3.2	32.6	23.4	-28.2	29.0	32.7	12.8	35.6	30.1	-15.4	0.42	0.33	-22.4	8.1	9.7	20.0	-1.2	
CT1	1.5	62.7	56.3	-10.2	30.4	24.0	-21.1	30.5	30.8	1.0							9.4	12.4	32.3	13.8	
WM0	1.9	49.1	43.3	-11.8	21.9	18.7	-14.6	25.1	26.9	7.2				0.48	0.35	-25.5	9.5	12.4	31.1	12.6	
Boundary zone																					
SK1	2.5	56.9	52.4	-7.9	27.7	23.6	-14.7	27.7	27.6	-0.2				0.42	0.38	-10.2	12.5	13.4	6.7	-6.4	
IS1	3.6	40.2	40.6	1.1	14.0	14.0	0.1	24.3	24.8	2.0	27.3	30.1	10.2								
TH3	4.8	40.8	36.4	-10.9	14.1	11.0	-22.1	24.5	23.2	-5.4											
WE0	6.0	48.3	49.7	2.8	20.3	19.4	-4.5	26.8	29.0	8.4				0.24	0.36	49.6					
TH1	6.7	35.7	31.0	-13.3	11.3	9.7	-13.8	22.7	19.8	-13.1	25.9	28.6	10.4				12.3	15.9	29.5	15.4	
KC1	6.9	32.5	32.6	0.5	11.0	10.5	-4.7	20.1	20.7	2.8	25.5	26.4	3.6	0.35	0.39	11.6	13.9	15.2	9.6	-2.9	
HK4	7.0	52.6	52.2	-0.7	24.8	23.5	-5.5	25.7	26.7	3.6				0.44	0.41	-6.7	11.7	12.7	8.2	-6.0	
WA2	7.8	67.7	66.8	-1.3	35.3	31.6	-10.4	29.4	33.0	12.2				0.84	0.96	14.4	8.8	10.1	15.5	-4.5	
Control zone																					
WL1	9.7	30.6	30.5	-0.3	9.8	10.4	6.4	19.8	18.8	-5.0	24.5	24.3	-0.6								
LW1	9.8	56.8	57.9	1.9	24.6	27.8	12.9	28.8	28.2	-2.1											
BN2	11.1	28.1	28.7	2.1	9.1	9.3	2.4	18.0	18.0	0.3	23.1	24.0	3.6								
EA1	13.4	35.8	37.1	3.8	14.4	13.9	-3.5	19.7	21.6	9.8							11.2	13.2	18.7	2.7	
EN3	15.1	26.2	25.2	-3.9	8.4	8.1	-3.6	16.7	15.8	-5.0	23.4	21.4	-8.3	0.36	0.35	-2.4	17.7	16.8	-4.9	-14.7	
RB1	15.3	33.9	33.3	-1.9	13.0	12.1	-6.7	19.8	20.0	1.0	25.0	26.2	5.0				15.2	15.9	4.3	-6.6	
HR1	17.3	13.1	13.5	3.2	6.3	6.5	2.5	13.1	13.5	3.2	21.7	20.8	-4.0								
Average				0.6			1.1			0.2			-0.8							5.2	-6.8

Slika 3. Geometrijske sredine koncentracije zagađujućih materija na posmatranim gradskim mernim stanicama za pre i posle period implementacije sistema

Izvor: (The impact of the congestion charging scheme on ambient air pollution concentrations in London, R.W. Atkinson, B. Barratt)

Koncentracija NO_x i NO u pojedinim mernim stanicama pored puta opala je za 5%, i 9,5%, respektivno u poređenju sa prosečnim promenama -4,4% i -9,4% utvrđenih na 16 mernih stanica pored puta u okviru kontrolne zone. Koncentracija NO₂ i PM₁₀ je porasla za 2,1%, odnosno 5,6% na jednoj lokaciji u poređenju sa sličnim promenama u kontrolnom području. Što se tiče koncentracije NO_x, NO, PM₁₀ i CO zabeležene na tri gradske merne stanice, vrednosti zagađujućih čestica su pale, dok je koncentracija NO₂ i O₃ porasla na tri lokacije unutar zone u kojoj se primenjuje sistem naplate [Atkinson R.W. et al 2009.].

Geometrijska sredina koncentracije NO_x, NO, NO₂, PM₁₀ i O₃ izmerena tokom vikenda, kada sistem naplate korišćenja urbanih deonica ne funkcioniše unutar posmatrane zone, unutar granične zone i u kontrolnoj zoni, za 2 godine pre i 2 godine posle uvođenja sistema prikazana je na Slici 4. Ovi podaci ukazuju da je model vremenskih promena u koncentraciji zagađenja tokom vikenda izmerenih unutar zone u kojoj je implementiran sistem za naplatu korišćenja urbanih deonica i unutar kontrolnih zona sličan onima koji su zabeleženi u danima kada je sistem naplate u funkciji [Atkinson R.W. et al 2009.].

Monitoring station	Dist	NO _x (ppb)			NO (ppb)			NO ₂ (ppb)			PM ₁₀ (µg m ⁻³)			CO (ppm)			O ₃ (ppb)			Σ*
		Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	
<i>Congestion charging zone</i>																				
BLO	1.5	39.3	39.1	-0.4	19.8	13.1	-34.1	21.8	24.5	12.5	26.9	23.3	-13.4	0.32	0.28	-11.6	11.3	14.3	26.6	11.6
CT1	1.5	35.8	30.8	-14.0	13.1	9.4	-28.3	21.3	20.4	-3.9							13.3	18.5	39.4	-26.6
WMO	1.9	26.3	25.0	-4.8	6.1	4.2	-30.5	16.2	18.2	12.8				0.40	0.30	-26.2	12.6	17.9	41.2	27.8
<i>Boundary zone</i>																				
SK1	2.5	38.9	33.6	-13.7	16.7	12.7	-23.6	21.0	20.1	-4.4				0.35	0.33	-7.1	15.5	17.8	14.7	3.8
IS1	3.6	26.8	25.1	-6.5	7.5	6.6	-12.2	17.7	17.7	-0.3	20.8	21.0	1.0							
TH3	4.8	26.8	22.1	-17.5	6.8	4.9	-27.6	17.5	16.1	-7.6										
WE0	6.0	31.6	30.5	-3.7	10.1	8.6	-14.5	20.2	20.9	3.2				0.19	0.30	56.6				
TH1	6.7	22.4	18.1	-19.4	5.2	4.2	-18.6	15.9	13.1	-17.8	20.2	21.6	7.0				15.7	0.0	-100.0	-110.8
KC1	6.9	21.6	19.3	-10.9	6.0	4.7	-21.6	14.5	13.8	-4.4	20.4	21.0	2.7	0.27	0.33	22.8	15.6	20.2	29.4	18.5
HR4	7.0	36.5	33.6	-8.0	15.4	12.9	-15.9	19.5	19.4	-0.5				0.35	0.33	-5.9	14.6	17.2	17.8	6.1
WA2	7.8	44.2	38.4	-13.2	19.7	13.8	-29.6	21.6	22.2	2.6				0.72	0.79	8.7	11.0	14.2	29.2	13.7
<i>Control zone</i>																				
WL1	9.7	20.1	18.8	-6.2	4.9	5.3	-9.3	13.9	12.8	-8.0	20.1	21.0	4.6							
LW1	9.8	37.4	35.7	-4.6	13.8	14.8	6.8	21.1	19.7	-6.4										
BN2	11.1	17.7	17.7	0.4	4.7	4.6	-2.7	12.2	12.5	2.0	19.1	19.5	2.4							
EA1	13.4	23.9	21.7	-9.0	8.1	6.0	-26.5	14.4	14.8	2.6							14.0	17.6	25.7	13.5
EN3	15.1	17.2	15.6	-9.2	4.7	4.1	-12.9	11.8	11.0	-6.4	20.1	18.2	-9.8	0.32	0.30	-3.8	21.1	21.9	-4.0	-4.1
RB1	15.3	21.4	20.4	-4.8	6.8	5.9	-12.9	13.9	13.9	-0.3	22.1	23.3	5.6				18.4	20.8	12.7	3.5
HR1	17.3	13.2	13.0	-1.7	3.8	3.5	-7.5	9.0	9.0	0.4	17.8	17.3	-2.5							

Slika 4. Geometrijske sredine koncentracije zagađujućih materija na posmatranim gradskim mernim stanicama tokom vikenda za pre i posle period implementacije sistema

Izvor: (The impact of the congestion charging scheme on ambient air pollution concentrations in London, R.W. Atkinson, B. Barratt)

Što se tiče koncentracije zagađujućih čestica tokom vikenda, rezultati su slični onima kada je sistem za naplatu korišćenja urbanih deonica u funkciji, odnosno radnim danima. Smanjenje koncentracije NO_x nakon implementacije sistema je od 0,4% do 14%, dok je za NO to smanjenje dosta značajnije (28,3%-34,1%). Kod ostalih čestica takođe je primećeno smanjenje, dok je koncentracija ozona povećana, i njena vrednost se kreće od 26,6% do 41,2% [Atkinson R.W. et al 2009.].

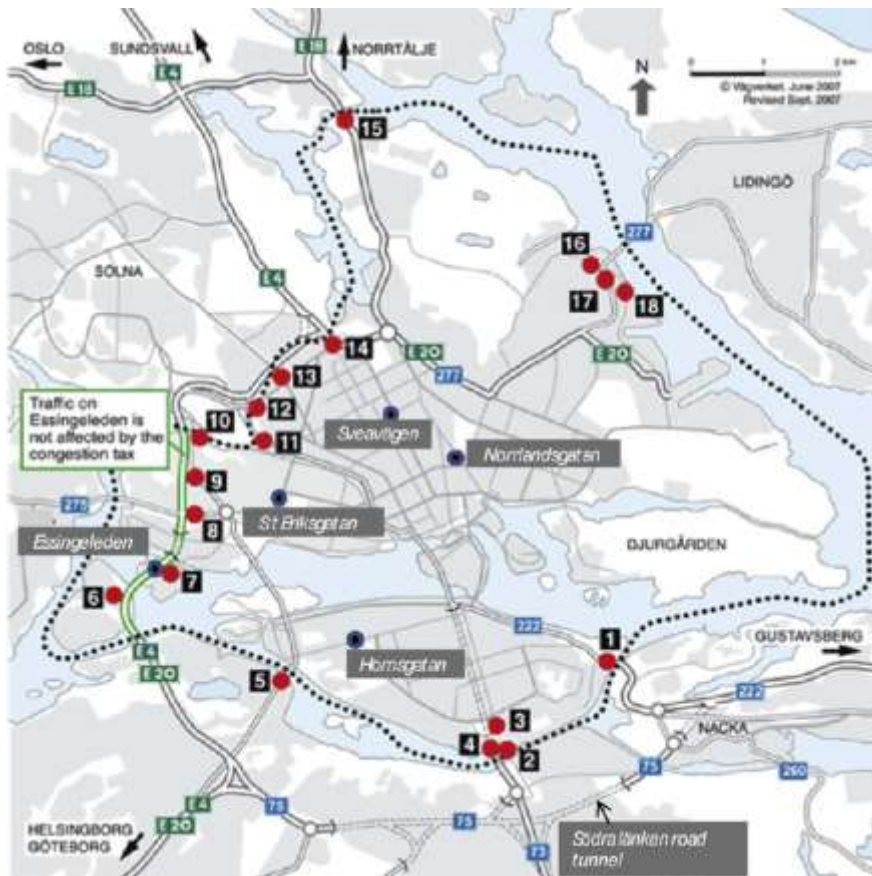
Vremenske promene u koncentraciji zagađenja u zoni naplate korišćenja upoređeni su sa promenama iz perioda kada sistem naplate nije bio implementiran. Definisane su tri oblasti posmatranja. Prva, glavna oblast, odnosi se na područje gde se nalazi sam sistem naplate korišćenja urbanih deonica, druga oblast je granična oblast, odnosno oblast koja se nalazi oko prve oblasti, dok je treća oblast – kontrolna. Ista poređenja su vršena i za dane vikenda, kada sistem nije u funkciji. Ispitivani zagađivači koji su posmatrani su NO_x, NO, NO₂, PM₁₀ (čestice čiji je prečnik manji od 10 mikrona), CO i O₃. Koristeći podatke sa mernih stanica pored puta nije moguće sa sigurnošću utvrditi zavisnost uvođenja sistema naplate i smanjenja zagađujućih čestica. Međutim, koristeći podatke sa gradskih mernih stanica, moglo se zaključiti da dolazi do smanjenja zagađujućih čestica nakon implementacije sistema. Kada se pogledaju svi podaci sa gradskih mernih stanica dolazi se do toga da sve ove promene variraju u odnosu na udaljenost merne stanice od centra i same zone zagušenja u kojoj je primenjen sistem naplate [Atkinson R.W. et al 2009.]. Dolazi se do zaključka da je uvođenjem sistema za naplatu korišćenja urbanih deonica kvalitet vazduha u Londonu poboljšao. Ukupna emisija NO_x u zoni naplate je smanjena za 12%, dok je emisija PM10 smanjena za 11,9%. Konačno, smanjenje emisije CO₂ ima vrednost od skoro 20% [Atkinson R.W. et al 2009.].

3.2. Stokholm

Gradske vlasti su 2. juna 2003. godine, predložile uvođenje naplate korišćenja urbanih deonica. Ciljevi koji su postavljeni trebali su da smanje broj vozila u zonama gde se javlja najveće zagušenje tokom jutra i popodneva od 10 – 15%, kao i da doprinesu smanjenju emisije ugljen dioksida, oksida azota i zagađujućih čestica u samom gradu [Elaissou J. 2008.].

Nakon više od dve godine, pristupilo se uvođenju sistema naplate korišćenja urbanih deonica, sa ciljem da se poboljša kvalitet vazduha i smanje saobraćajna zagušenja. Prvo se pristupilo test periodu od 3. januara do 31. avgusta 2006. godine. Vozila koja su putovala kroz područje u kojem je primenjen sistem, morala su da plate naknadu za prolazak svakog radnog dana. Visina naknade varirala je tokom dana i iznosila je 10, 15, 20 švedskih kruna i najveća je bila u vršnim satima (20 švedskih kruna, odnosno 2,2 evra), dok je u vanvršnim periodima, odnosno rano ujutru i uveče, iznosila 10 švedskih kruna. Maksimalna vrednost naknade za jedan dan iznosila je 60 švedskih kruna. Noću, za vreme praznika i danima vikenda prolazak kroz gradsko područje se nije naplaćivao. Unutrašnje gradsko područje ima površinu od oko 36 km² i oko 350.000 stanovnika. Taxi vozila, autobusi, motocikli i vozila na alternativne pogone bili su izuzeta od novčanih plaćanja [Elaissou J. et al 2008.].

Efekti uvođenja sistema naplate korišćenja urbanih deonica kvantifikovani su na osnovu saobraćajnog protoka i obračuna korišćenja puteva. Zagušenja su dobijena na osnovu brojanja saobraćaja ili sa saobraćajnih kamera. Podaci o strukturi saobraćajnog toka dobijeni su ručnim snimanjem. Procena promene u upotrebi puteva je realizovana pomoću postojeće baze o brojanju saobraćaja. Emisije iz drumskog saobraćaja su opisane emisionim faktorima za putnička vozila, laka teretna vozila i teška teretna vozila. Emisioni faktori za NO_x su dobijeni iz EVA modela Švedske putne administracije. Do emisioninih faktora za PM_{10} došlo se simultanim merenjem PM_{10} i NO_x na uličnoj mreži i iz gradskih mernih stanica [Johansson et al 2009.]. Pre i tokom implementacije naplate, kvalitet vazduha je meren na 20 lokacija na području grada Stokholma. Na četiri lokacije vršena su stalna merenja sa stanica koje su u upotrebi nekoliko godina. Lokacije mernih stanica prikazane su na Slici 5. Tri merne stanice su uz prometne ulice u centru Stokholma. Merne stanice su opremljene automatskim instrumentima za merenje PM_{10} , NO , NO_2 i CO . Meteorološki uslovi su zasnovani na desetogodišnjim meteorološkim merenjima, na svakih 15 minuta. Svi mogući uticaju su na razne načine otklonjeni, tako da su meteorološki uslovi isti bez obzira da li se radi o periodu pre ili posle implementacije sistema naplate korišćenja urbanih deonica [Johansson C. et al 2009.].



Slika 5. Lokacija naplatnih stanica sistema za naplatu korišćenja urbanih deonica

Izvor: (The effects of congestions tax on air quality and health, C.Johansson, L. Burman, B. Forsberg)

Smanjenje broja prolazaka vozila kroz zonu obuhvaćenu naplatom korišćenja u toku 24 časa iskazano je vrednošću od 22%, odnosno 100.000 putovanja manje u sam centar grada. Smanjenje je bilo manje tokom jutarnjeg vršnog perioda, a najveće u toku popodnevnog, odnosno večernjeg vršnog perioda. Za centralne gradske ulice smanjenje je u vidu od 8%, dok je za prilazne puteve grada to smanjenje 5%. Ukupna upotreba puteva u zoni sa naplatom korišćenja smanjena je za 15%. Najveće smanjenje je u upotrebi putničkih vozila, što je i za očekivati i ono iznosi 16,5 posto. Korišćenje puteva od strane lakih teretnih vozila i teških teretnih vozila opada za 15%, odnosno 7,8%, respektivno. Sistem naplate korišćenja takođe je uticao na poboljšanje u javnom prevozu [Johansson C. et al 2009.].

U poređenju sa situacijom u 2006. godini, kada nije postojao sistem naplate, koncentracija NO_x se u širem području Stokholma smanjila za 55 ± 16 tona, kao rezultat smanjenja saobraćajnih zahteva. Veći deo ovog smanjenja dešava se u centru grada Stokholma (45 ± 13 tona). Što se tiče smanjenja PM_{10} ono ima vrednost od 30 ± 9 tona, od čega oko 2/3 u samom centru grada (Slika 6). Povećana emisija NO_x od strane autobusa kompenzuje smanjenje emisije putničkih vozila. To je razlog, zbog čega je uočeno smanjenje NO_x od samo 8,5% u centru grada. Smanjenje ostalih čestica je srazmerno smanjenju korišćenja puteva. Smanjenje

saobraćajnog zagušenja dodatno snižava emisiju od 1% u toku celog dana, a 2-3% u vršnom periodu, ali se ovo ne uzima u obzir [Johansson et al 2009.].

	Inner city:		City of Stockholm:		Greater Stockholm*	
	tonnes year ⁻¹	percent	tonnes year ⁻¹	percent	tonnes year ⁻¹	percent
Nitrogen oxides, NO _x	45 ± 13	8.5% ± 2.5%	47 ± 13	2.7% ± 0.8%	55 ± 16	1.3% ± 0.4%
Carbon monoxide, CO	670 ± 190	14% ± 4.0%	710 ± 200	5.1% ± 1.5%	770 ± 220	2.0% ± 0.6%
Particles, PM ₁₀ total	21 ± 6	13% ± 3.5%	23 ± 7	3.4% ± 1.0%	30 ± 9	1.5% ± 0.4%
"road wear particles"	19 ± 5.5	13% ± 3.5%	21 ± 6	3.3% ± 0.9%	28 ± 8	1.5% ± 0.4%
"exhaust particles"	1.8 ± 0.5	12% ± 3.6%	1.8 ± 0.5	4.4% ± 1.3%	2.1 ± 0.6	2.4% ± 0.7%
Carbon dioxide, CO ₂	36 000 ± 10 300	13% ± 4%	38 000 ± 10 900	5.4% ± 1.5%	41 000 ± 11 700	2.7% ± 0.8%

Slika 6. Smanjenja koncentracija NO_x i PM₁₀ i ostalih zagađujućih čestica u širem i centralnom delu Stokholma na osnovu emisionih faktora i broja ostvarenih putovanja

Izvor: (The effects of congestions tax on air quality and health, C.Johansson, L. Burman, B. Forsberg)

Prosečan broj stanovnika koji je izložen zagađenjima je 1,44 milona, odnosno 350.000 ljudi u samom centru grada. Ljudi u centru grada će imati najveće smanjenje izloženosti zagađujućim materijama. Srednji godišnji pad koncentracije NO_x i PM₁₀ je 10%, odnosno 7,6%, respektivno. Ove vrednosti su prikazane na Slici 7 [Johansson C. et al 2009.].

	2006 without Stockholm Trial	2006 with Stockholm Trial	Difference
NO _x (Greater Stockholm)	4.42	4.19	0.23 (-5.3%)
PM ₁₀ (Greater Stockholm)	1.71	1.65	0.064 (-3.8%)
PM exhaust (Greater Stockholm)	0.102	0.0960	0.0062 (-6.1%)
NO _x (inner city)	8.41	7.60	0.81 (-10%)
PM ₁₀ (inner city)	2.76	2.55	0.21 (-7.6%)
PM exhaust (inner city)	0.21	0.19	0.022 (-10%)

Slika 6. Koncentracija NO_x i PM₁₀ i ostalih zagađujućih čestica u širem i centralnom delu Stokholma pre i posle implementacije sistema naplate korišćenja urbanih deonica

Izvor: (The effects of congestions tax on air quality and health, C.Johansson, L. Burman, B. Forsberg)

Uvođenjem naplate korišćenja značajno je smanjena koncentracija NO_x i zagađujućih čestica u centru Stokholma. Uzrok smanjenja se uglavnom može objasniti manjenim protokom saobraćaja. Što se tiče NO_x, smanjenje koncentracije bi bilo veće da nije povećan autobuski saobraćaj na ulicama Stokholma. Kod PM₁₀ vremenske razlike u koncentracijama su veoma velike, uglavnom zbog različitih uslova na putu koji utiču na stvaranje prašine. Koncentracija u toku 2006. godine je značajno manja u odnosu na sve ostale godine, ali to je u velikom meri i zbog neuobičajenog vlažnog prolećnog perioda. Ukupni izmereni nivoi koncentracija zagađujućih materija u području naplate korišćenja urbanih deonica ne mogu da obezbede kvantitativne odgovore važnosti smanjenja saobraćaja na nivo zagađujućih materija u vazduhu. Najveće poboljšanje kvaliteta vazduha osetiće stanovnici koji žive u blizini implantiranog sistema naplate. Treba naglasiti da sa postojećim sistemom naplate smanjena izloženost ljudi na NO_x i PM₁₀, u odnosu kad nije postojao ovakav sistem naplate. Na osnovu rezultata dobijenih ponderisanjem emisionih faktora i na osnovu smanjenja broja vozila, dolazi se do zaključka da smanjenje koncentracije CO i CO₂ ima vrednost od 14%±4%, odnosno 13%±4%, respektivno za centralno područje grada [Johansson C. et al 2009.].

4. ZAKLJUČAK

Kako bi se smanjila zagušenja u većim gradovima, nastala sve većim brojem vozila na urbanim saobraćajnicama, neophodno je preduzeti određene mere u rešavanju ovog problema. Neke od mera koje se mogu primeniti prilikom rešavanja problema zagušenja su upravljanje zahtevima, promena vida prevoza, poboljšanja u funkcionisanju sistema i povećanje kapaciteta. Povećanje kapaciteta uključuje izgradnju novih saobraćajnica ili proširivanje postojećih, saobraćajnih objekata i obilaznica. Povećanje kapaciteta je često poslednja mera koja se primenjuje, jer je skupa, može imati nepovoljan uticaj na okolinu. Ova mera najčešće se ne može primeniti u urbanim zonama zbog nedostatka prostora. Najveći gradovi koji imaju problem sa kapacitetima i zagušenjima u najužim centrima, sve češće pribegavaju uvođenju naplate korišćenja urbanih deonica u cilju smanjenja zagušenja. Naplata korišćenja urbanih deonica ima za cilj bolju distribuciju korisnika na urbanoj saobraćajnoj mreži, čiju prednost osećaju korisnici koji daju veliki značaj vremenu putovanja. Naplata korišćenja urbanih deonica je sistem koji se pokazao kao dobar alat kojim se upravlja zagušenjem, a samim tim povećava kvalitet vazduha u posmatranom području. Naplata korišćenja urbanih deonica može biti implementirana tako da se odnosi na konkretnu oblast, ili na korišćenje konkretnog koridora – trake [Popović

J. 2009.]. Uvođenjem sistema naplate postoji rizik da će doći do preusmeravanja saobraćaja na puteve gde se ne vrši naplata, što može uzrokovati pojavu zagušenja u drugim zonama. Primena ove mere, uvođenja naplate korišćenja urbanih deonica, nimalo nije jednostavna i neophodno je da odgovori na par značajnih pitanja, kao što su: da li je mreža dovoljno razvijena da se saobraćaj može preusmeriti na pojedine delove grada, da li postoje razvijeni alternativni sistemi (sistem parkiranja, sistem JPP-a i dr), da li postoji saglasnost i vlasti i stanovništva o primeni ovih mera, da li je stanovništvo dovoljno ekonomski sposobno da može da prihvati ove mere [Popović J. 2009.].

Veći gradovi koji su želeli da se uhvate u koštac sa problemom zagušenja su primenili ovu meru. Primenjena je prvo u Evropi u Geteborgu i Trondhajmu i na dalekom istoku u Hong Kongu i Singapuru. Prvi veći grad u Evropi koji je primenio ovaj sistem je London, a za njim slede gradovi kao što su Stokholm, Kopenhagen i dr.

London je, 17. februara 2003. godine implementirao sistem naplate korišćenja urbanih deonica, sa ciljem da se smanje saobraćajna zagušenja i to na površini od 22 km² ili 1,4% celokupne površine grada. Naplata korišćenja vršena je radnim danima, dok tokom vikenda i praznika sistem nije bio u funkciji. Visina naknade koju je bilo potrebno platiti da bi se ušlo u sam centar grada bila je 8 funti. Došlo se do zaključka da je uvođenjem sistema za naplatu korišćenja urbanih deonica kvalitet vazduha u Londonu poboljšao. Ukupna emisija NO_x u zoni naplate je smanjena za 12%, dok je emisija PM10 smanjena za 11,9%. Konačno, smanjenje emisije CO₂ ima vrednost od skoro 20% [Atkinson R.W. et al 2009.].

Gradske vlasti Stokholma su 2. juna 2003. godine, predložile uvođenje naplate korišćenja urbanih deonica. Ciljeve koje su postavili trebali su da smanje broj vozila u zonama gde se javlja najveće zagušenje tokom jutra i popodneva od 10 – 15%, takođe i da smanje emisiju ugljen dioksida, oksida azota i zagađujućih čestica u samom gradu. Prvo se pristupilo test periodu od 3. januara do 31. avgusta 2006. godine. Vozila koja su putovala kroz područje u kojem je primenjen sistem, morala su da plate naknadu za prolazak svakog radnog dana. Visina naknade varirala je tokom dana i iznosila je 10, 15, 20 švedskih kruna. Najveća je bila u vršnim satima (20 švedskih kruna, odnosno 2,2 evra), dok je u vanvršnim periodima, odnosno rano ujutru i uveče, iznosila 10 švedskih kruna. Maksimalna vrednost naknade za jedan dana iznosila je 60 švedskih kruna. Noću, za vreme praznika i danima vikenda prolazak kroz gradsko područje se nije naplaćivao [Eliasson J. et al 2008.].

Smanjenje broja prolazaka vozila kroz zonu obuhvaćenu naplatom korišćenja u toku 24 časa iskazano je vrednošću od 22%, odnosno 100.000 putovanja manje u sam centar grada. Smanjenje je bilo manje tokom jutarnjeg vršnog perioda, a najveće u toku popodnevnog, odnosno večernjeg vršnog perioda. Za centralne gradske ulice smanjenje je iznosilo 8%, dok je za prilazne puteve grada to smanjenje 5%. Ukupna upotreba puteva u zoni sa naplatom korišćenja smanjena je za 15%. Uvođenjem naplate korišćenja značajno je smanjena koncentracija NO_x i zagađujućih čestica u centru Stokholma. Smanjenja su uglavnom zbog smanjenog protoka saobraćaja. Što se tiče NO_x, smanjenje koncentracije bi bilo veće da nije povećan autobuski saobraćaj na ulicama Stokholma. U poređenju sa situacijom u 2006. godini kada nije postojao sistem naplate, koncentracija NO_x se u širem području Stokholma smanjila za 55±16 tona, kao rezultat smanjenja saobraćajnih zahteva. Veći deo ovog smanjenja odnosi se na centralnu zonu Stokholma (45±13 tona). Što se tiče smanjenja PM₁₀ ono ima vrednost od 30±9 tona, a od čega oko 2/3 u samom centru grada. Na osnovu rezultata dobijenih ponderisanjem emisionih faktora i na osnovu smanjenja broja vozila, dolazi se do zaključka da smanjenje koncentracije CO i CO₂ ima vrednost od 14%±4%, odnosno 13%±4%, respektivno za centralno područje grada [Johansson C. et al 2009.].

Na osnovu iskustava evropskih gradova pomenutih u ovom radu dolazi se do jasnog zaključka da mera implementiranja naplate korišćenja urbanih deonica predstavlja odličan alat u borbi protiv zagušenja, a samim tim i u poboljšanju kvaliteta vazduha u centralnim područjima gradova.

Literatura

- [1] Atkinson, R.W; Barratt, B. 2009. The impact of the congestion charging scheme on ambient air pollution concentrations in London, *Atmospheric Environment* 43 (2009): 5493-5500.
- [2] Beevers, S.D; Carslaw D.C. 2004. The impact of congestion charging on vehicle emissions in London, *Atmospheric Environment* 39 (2005): 1-5.
- [3] Eliasson, J. 2008. A cost-benefit analysis of the Stockholm congestion system, *Transportation Research Part A* 43 (2009): 468-480.
- [4] Eliasson, J.; Hultkrantz, L. 2008. The Stockholm congestion – charging trial 2006: Overview of effects, *Transportation Research Part A* 43 (2009): 240-250.
- [5] Johansson, C.; Burman, L. 2008. The effect of congestion tax on air quality and health, *Atmospheric Environment* 43 (2009): 4843-4854.
- [6] Popović, J. 2009. Naplata korišćenja urbanih deonica u cilju smanjenja saobraćajnih zagušenja, *Tehnika* 1 (2009): 17-26.

SHARED SPACE CONCEPT IN THE CITY OF BITOLA: MICROSIMULATION ANALYSIS

Jasmina Bunevska Talevska, Ph.D.¹

Department for Traffic and Transport Engineering

Faculty of Technical Sciences, University St. Kliment Ohridski Bitola

jasmina.bunevska@tfb.uklo.edu.mk

Marija Malenkovska Todorova, Ph.D.

Department for Traffic and Transport Engineering

Faculty of Technical Sciences, University St. Kliment Ohridski Bitola

marija.malenkovska@tfb.uklo.edu.mk

Abstract: *During the last half century urbanization has been the dominant demographic trend in the entire world. With the high pace of social and economic development in the Republic of Macedonia and the resulting lack of infrastructure and congested traffic, an environmental degradation became the major issues faced by cities in their sustainable development. Furthermore, Local governments lack technical instrument to generate a sustainable development. In the first part, this paper emphasize the development of an integrated urban-ecological object oriented microscopic simulation model in order to assist municipal institutions and leaders in deciding the future planning policy for the cities. The second part of the paper shows the application of the SFStreetSIModel, version 2.2 in the procedures for introducing the “shared space” concept in the city center of Bitola, Macedonia.*

Keywords: *microsimulation, “shared space” concept, urban planning, road, environment*

1. INTRODUCTION

Urban transport policies are getting more complex by the day. Impacts from implementations are numerous and induce changes in different areas. Urban areas have become more focused on the transportation of vehicles through the public space, as use of cars has increased, than on the ability of people to enjoy the space. This has led to city streets that function poorly in their ability to move traffic. At the city level, local governments have been encouraged to carry out an integrated land-use planning to comprehensively address adverse impacts of urbanization, including environmental problems. Cities and urban settlements seeking funding support for their planning and management strategies should incorporate traffic and environmental issues in their proposals. They should be able to demonstrate why this integration is important in the context of their city, and to suggest how it can be achieved. A new idea has been developed to combat this social disorder, named as “Shared Space” concept.

“Shared space” is a term used to describe an emerging approach to urban design, traffic engineering and road safety in Europe and, increasingly, in North America. It was coined in 2003 following research by the author in 2000 that identified a common thread in the approach of a number of countries on how to reduce the adverse impacts of traffic in towns. The concept has developed further in Denmark, Northern Holland, Sweden and Northern Spain than elsewhere in Europe, although the French programme “*Ville plus sure*” [1], adopts many of the key principles and is evident in countless towns and villages across France. Its adoption in the UK is very recent, and there are, to date, very few examples on the ground of projects that consciously define themselves as “shared space”. At the heart of shared space is the concept of integration. This contrasts to the principle of segregation, the idea of separating different functions and different users within the urban landscape. The idea of segregation can be traced back to the urban visions of Le Corbusier in the 1930’s, and was formalized into government policy following the “Buchanan Report” – *Traffic in Towns*, published in 1963. However, shared space could also be seen as the default mode before the separation of vehicles and pedestrians became the accepted approach to designing public spaces. It was the *status quo ante* for most streets and public spaces before the introduction of segregation during the last century. Today shared space is evident in any traditional streetscapes where modern traffic engineering has yet to have an impact. From this perspective, shared space is nothing new. In conventional streets, behaviour is governed by highway infrastructure such as traffic signs, road markings and other street furniture. In streets with shared space much of this infrastructure is removed so it is important that schemes are well designed and can be easily used. The most important is that shared space is often confused with other concepts, such as pedestrian zones, shared surfaces, traffic calming and the like. To date, most schemes are at an early stage of design. Established

¹ Jasmina Bunevska Talevska, Ph.D., jasmina.bunevska@tfb.uklo.edu.mk

precedents exist in a few locations, where conventional traffic engineering solutions have been replaced by simpler, more integrated, solutions.

2. URBAN CONTEXT

Since the primary focus of the National Strategy on the Sustainable Development in the Macedonia [2], is placed on systematic and better management of urbanization through sustainable land use policies and tools, the idea to analyze the need and possibilities for introducing the concept by using new simulation tool seems logical and necessary. Thus, the vision of local public authorities, specifically those in the field of traffic and urban planning is highly important for generating sustainable urban development strategies, the main aim of this paper is transfer the scientific knowledge to the local level through the use of 2D simulation of urban streetscape and traffic flow. Namely, the City of Bitola case study illustrates how a city can address a nationwide problem at the local level. Bitola (Figure 1) is the economic and industrial centre of south-western Macedonia. The Pelagonia agricultural combine is the largest producer of food in the country. The Strezevo water system is the largest in the Macedonia and has the best technological facilities. The three thermoelectric power stations produce nearly 80% of electricity in the state. Bitola also has significant capacity in the textile and food industries. Bitola is also home to twelve consulates, which gives the city the nickname "the city of consuls." Covering an area of 1,798 km² and with a population of 74.550 (2002), Bitola is an important industrial, agricultural, commercial, educational, and cultural centre. It represents an important junction that connects the Adriatic Sea to the south with the Aegean Sea and Central Europe, as in [3].

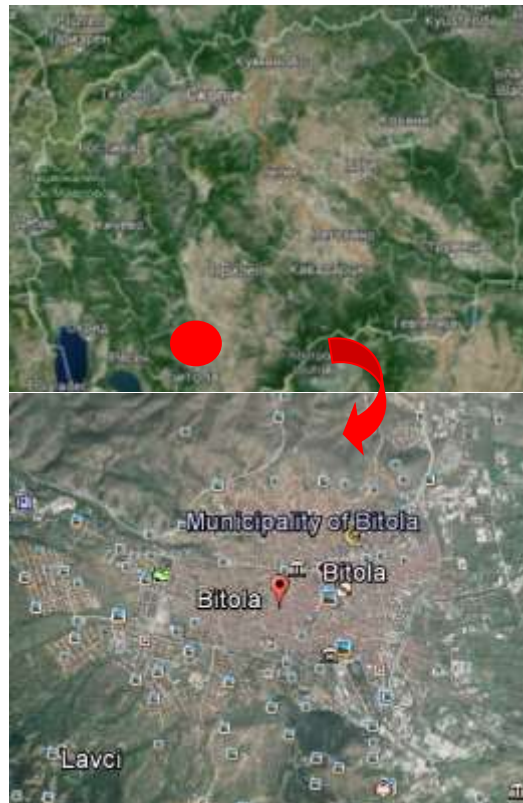


Figure 1. Localization of Bitola, Macedonia
Source: (adopted by authors)

2.1. City of Bitola and the local mobility

“Local mobility” also known as short-distance mobility of individuals and non-motorized transport as walking and cycling within the Bitola is impaired. City has become more focused on the transportation of vehicles, as use of cars has increased, than on the ability of people to enjoy the space. This has led to city streets that function poorly in their ability to move traffic. Drivers are focused on traffic signals and signage and rarely communicate either visually or verbally with pedestrians along the road. When drivers are not at stoplights, they are often going as fast as the posted limit will allow, which further distances the drivers from pedestrians who are looking to cross the road safely.

For the support of “Local mobility”, key elements are the pedestrian and bicycle friendly site and street design and a mixture of land uses combined with parks and green spaces. Having in mind that nearly every trip, for example by public transport or by car, starts and ends with a walking distance, the significance of “Local mobility” is even higher as said yet. And at last but not least, we need to keep in mind that the dependence of children or elderly people on non-motorised traffic, increases the significance of “Local mobility”.

2.1.1. Methodology for introducing “shared space” concept in the City of Bitola

The idea of shared spaces is beginning to appear in Macedonian cities. But, the advantages and disadvantages of shared spaces are need to be investigated in the Macedonian-specific context to gauge the appropriateness of the concept.

2.2. Traffic flow and speed in the context of sharing the street space

Sharing is also a function of reduced traffic flow and speed. In general, shared space schemes achieve their maximum benefits when pedestrians use the space in the street that would be dedicated primarily to vehicular use in a conventional setting, as in [4]. For pedestrians to fully share the space, relatively low traffic flows and speeds are usually necessary. Vehicle speed has a significant influence on pedestrians and bicyclists’ willingness to share the space and drivers’ willingness to give way to pedestrians and others. As vehicle speeds decrease, the proportion of drivers giving way increases, so the street becomes more shared. This is where the design speed becomes important. The design speed is a target speed that designers intend most vehicles not to exceed and is dictated primarily by the geometry within the street. Level of Service (LOS) is a qualitative measure used to relate the quality of traffic facilities from 1 or LOS-A as the best quality to the 6 or LOS-F as worst quality. The purpose of computing one or more traffic performance measures of effectiveness-MOEs is to quantify the achievement of a project’s traffic operations objectives. This study identified eight measures of effectiveness as travel time, speed, density, queue, safety pressure, CO and NO_x Emissions and congestion, which are the building blocks of most existing and potential future systems for evaluating the traffic operations performance of street facilities. Namely, the goal of this study was to develop information and guidance on which MOEs should be produced, how they should be interpreted, and how they are be defined and calculated in traffic analysis tools.

2.3. Application of SFStreetSIModel, version 2.2: case study

Recently developed, fourth improved version of microscopic simulation model Side Friction Street Simulation Model - SFStreetSIModel, version 2.2, simulates movement of heterogeneous flow of passenger cars, light duty vehicles, buses and pedestrians on two lane two way city street, as in [5]. SFStreetSIModel, version 2.2, is objective-oriented model, written in the program language Action Script 3, implemented in Adobe Flash and Adobe Flex technology. Here will be described in details, the application of the model and the results received with ten-hour simulation of traffic movement on the streets of six locations which belongs to the study area (Figure 2), in the city of Bitola, Macedonia.



Figure 2. Localization of study area
Source: (adopted by authors)

2.4. Simulation and visualization of the traffic and the environment on the analyzed locations in SFStreetSIModel, version 2.2

Since changing the way a street operates to bring about an increase in the level of sharing requires an understanding of how people currently use the space, we collect a certain amount of baseline data (Table 1), as in [6].

Table 1. Baseline data

Useful baseline data	Method used for data asquising
Traffic speed	GPS device in the vehicles (GARMIN nuvi 1390t)
Classified vehicle counts	Manually - filling forms ready before hand
Pedestrian flows along the street	Manually - filling forms ready before hand
Assessment of land use and frontage activity	Manually - filling Open-space forms
Records of existing street furniture	Manually - filling Open – space forms
Observation of how people use the space	Manually - filling Open – space forms
Traffic accidents	so called “Safety method”

Source: (authors)

Collected and analysed data were used within the simulation model as it is shown in the dialogue window (Input), (Figure 3).



Figure 3. Geometrical, Functional and Design Characteristics of the locations under study, as input parameters into the SFStreetSIModel, version 2.2

Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

SFStreetSIModel, version 2.2, output parameters (Figure 4 to Figure 7), enable analysis of effectiveness, safety and environmental conditions at the studied locations.

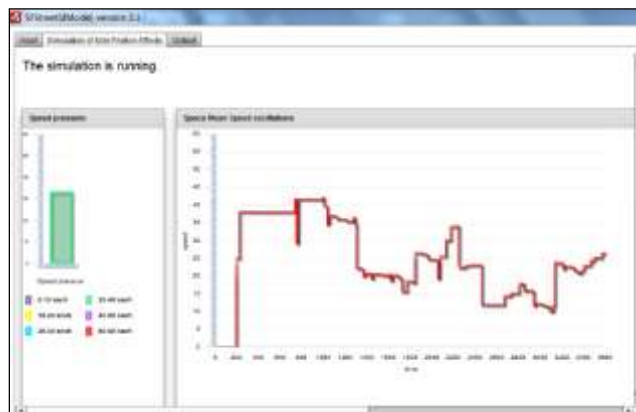


Figure 4. An example of simulated Space Mean Speed Oscillations in every moment (t=1, 3600s) and the magnitude of drivers Speed Pressure

Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

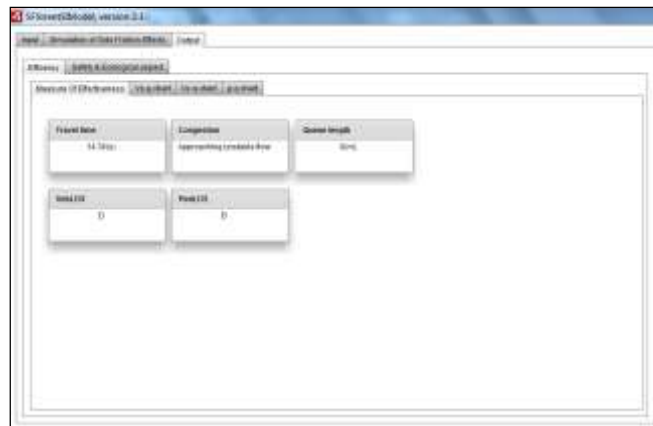


Figure 5. An example of simulated MOEs
Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

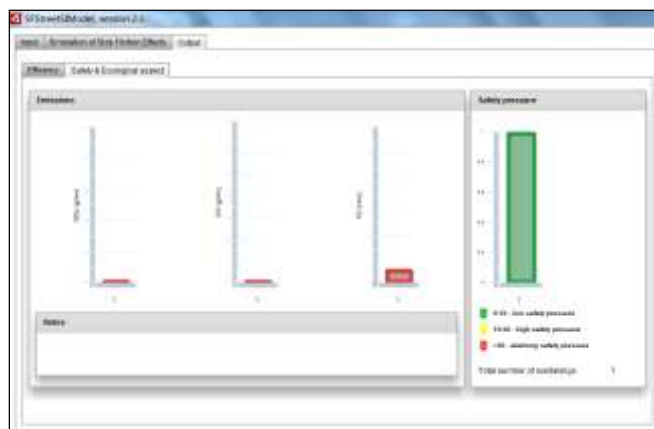


Figure 6. An example of simulated Safety and Ecological Measures
Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

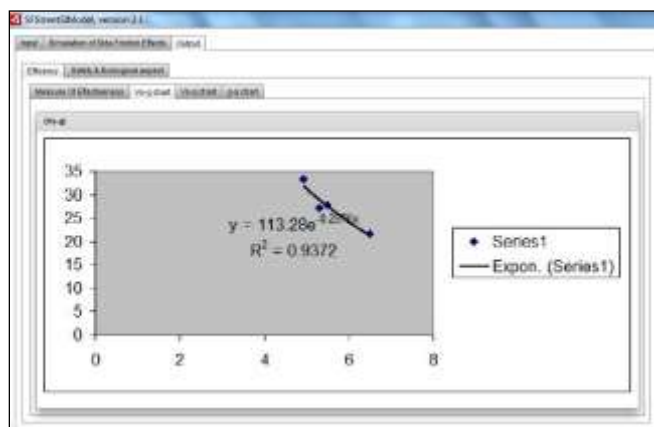


Figure 7. An example of calculated and visually presented Traffic Flow Diagram “Speed-Density”
Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

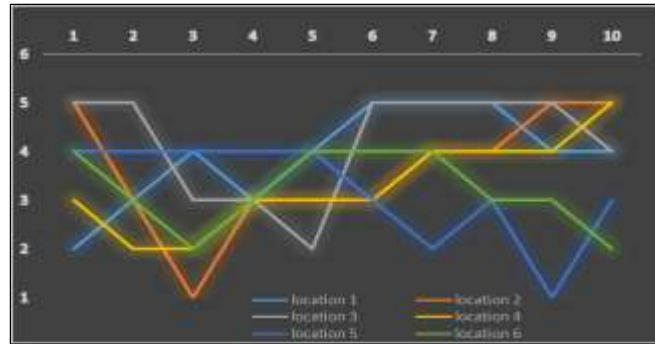


Figure 8. Simulated Vehicle LOS^{*)} for the studied locations
^{*)} 1-LOS F; 2-LOS E; 3-LOS D; 4-LOS C; 5-LOS B; 6-LOS A
 Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

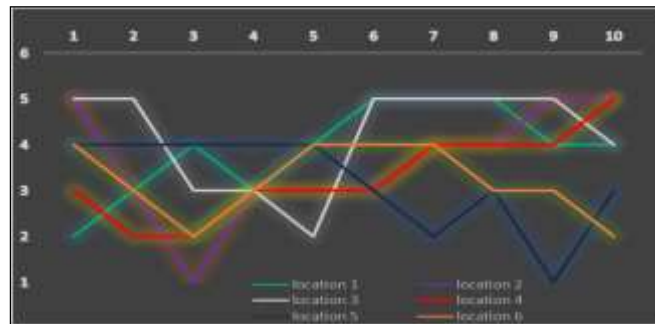


Figure 9. Simulated Pedestrians LOS^{*)} for the studied locations
^{*)} 1-LOS F; 2-LOS E; 3-LOS D; 4-LOS C; 5-LOS B; 6-LOS A
 Source: (SFStreetSIModel, version 2.2)

3. CONCLUSIONS AND RECOMENDATIONS

According to the simulation results, it was found that the space mean speed at the studied locations is high, and that the drivers are under low safety pressure. Unfortunately, that is why the vehicles LOS is high and reasonably low LOS for the pedestrians. Simulated output parameters shows high level of carbon monoxide and oxides of nitrogen as well as high fuel consumption at the locations. Since the specific objectives of the study were to:

- Gain an understanding of the interpretation and current use of some of the most commonly used MOEs generated by traffic simulation tools at the level of decision making.
- Develop an innovative approach to interpret these MOEs when conducting traffic analysis studies; and
- Demonstrate the validity of the approach through a case study.

We truly believe that this analysis will contribute towards the local government of the city of Bitola and vice versa, to create local road safety strategies, which set out how authorities plan to tackle road traffic casualties in their area and why they believe their approach will be effective. The application on microscopic simulation model SFStreetSIModel, version 2.2., showed an endangered level of safety, security and ecological environment for the pedestrians. Therefore, SFStreetSIModel, version 2.2., can be used as an assist decision instrument for sustainable development of Bitola. Conclusively, well designed shared spaces could bring a balance of the needs of all road users as well as to create more pedestrian friendly public spaces.

Literature

- [1] Faure, A.; DeNeuville, A. 1992. *Safety in urban areas: the French program -safer city, accident-free districts*, 1992.
- [2] Temelkovski, S. 2012. *The sustainable development strategy of Macedonia*.
- [3] Municipality of Bitola and Technical Faculty of Bitola, 2011. *Traffic study of the city of Bitola*.
- [4] TSO@Blackwell and other Accredited Agents, 2011. *Local Transport Note 1/11- Shared Space*.
- [5] Bunevska, J., Malenkovska, M. 2011. *Contribution to sidewalk pedestrian level of service analysis*, Transport Problems ISSN 1896-0596, The Silesian University Of Technology, Faculty of Transport.

- [6] Bunevska, J., Malenkovska, M. 2011. *Development of low speed urban street "side friction" models: case study*, *Suvremeni promet*, Vol.31, No1-2, pp.75-80, ISSN 0351-1898.
- [7] The Cities Alliance, 2007. *Liveable cities - the benefits of urban environmental planning*, Washington, D.C.20433, USA.
- [8] Public Enterprise for Spatial and Urban Planning Bitola, "General Urban Plan of Bitola 1998, 1998. (references)

ANALIZA UTICAJA SISTEMA NAPLATE PUTARINE NA OKOLINU

Dr Draženko Glavić

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, drazen@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Miloš Petković¹

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, milospetkovicds@gmail.com

Anica Kocić

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 305, nana.anica.kocic@gmail.com

Rezime: Razvojem novih tehnologija stvoren je uslov za primenu različitih sistema ubiranja posebne naknade za upotrebu mreže autoputeva, odnosno putarine. Sistem elektronske naplate putarine (ENP) smatra se efikasnim sredstvom za poboljšanje uslova u saobraćajnom toku i smanjenje vremenskih gubitaka usled bezkontaktna naplate. Međutim, kao rezultat mnogobrojnih istraživanja, procenjeno je da je primenom sistema elektronske naplate putarine moguće ostvariti značajne koristi i u pogledu kvaliteta životne sredine, pre svega kvaliteta vazduha. Mnogo je teže odrediti uticaj ENP na životnu sredinu, odnosno na okolinu, nego na poboljšanje saobraćajnih performansi (zagušenja, redovi, vremenski gubici, kapacitet, bezbednost). Ipak, naučna procena uticaja ENP na uslove životne sredine je od suštinskog značaja za naknadno vrednovanje projekata ENP, a takođe pruža i važne instrukcije u pogledu budućih razvojnih strategija sistema. U ovom radu prikazan je pregled modela i rezultata istraživanja uticaja ENP na kvalitet vazduha, sa posebnim osvrtom na uporednu evaluaciju tradicionalnog ručnog sistema naplate putarine (sa obavezanim zaustavljanjem), elektronskog sistema koji zahteva redukciju brzine prilikom transakcije (bez zaustavljanja) i sistema višetračnog slobodnog protoka vozila.

Ključne reči: elektronska naplata putarine, životna sredina, kvalitet vazduha, emisija izduvnih gasova

ANALYSIS OF THE IMPACT OF TOLL SYSTEM ON THE ENVIRONMENT

Dr Draženko Glavić

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, drazen@sf.bg.ac.rs

Marina Milenković

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Miloš Petković

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, milospetkovicds@gmail.com

Anica Kocić

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 305, nana.anica.kocic@gmail.com

Abstract: Development of new technologies create conditions for applying various collecting systems of fee or charge i.e. toll for road usage. Electronic Toll Collection (ETC) system is considered an efficient tool for improving conditions in traffic flow and decreasing delays due to contactless payment. However, as the result of many researches, it is estimated that ETC system can achieve greater benefits considering environment quality – primarily air quality. It is much harder to determine the influence of ETC system on the environment, than on improving traffic performance (density, queues, delays, capacity, safety). Yet, the scientific estimation of the ETC influence on environment conditions is of essential importance for ETC projects evaluation, and it also offers important information considering future system developing strategies. This paper presents, overview of the models and influence of ETC researches on air quality, with special emphasis on comparison analysis of traditional manual toll system with stopping, electronic system that demands speed reduction without stopping and multiline free flow system.

Keywords: Electronic Toll Collection, environment, air quality, emission

1. UVOD

Svaka konstrukcija, građevina ili sistem infrastrukture koji je u procesu eksploatacije zahteva neophodno održavanje, rehabilitaciju ili rekonstrukciju tokom vremena, što pritom iziskuje određenu količinu novčanih sredstava. Shodno tome, autoputevi i pojedini putni objekti (mostovi, tuneli, itd.) nisu izuzetak. Počevši od

¹ Miloš Petković, milospetkovicds@gmail.com

samog procesa planiranja, projektovanja, izgradnje i puštanja putnog objekta u eksploataciju, pa sve do kraja životnog veka određenog putnog objekta, neophodno je ulaganje. Potrebna novčana sredstva se mogu prikupiti na direktan ili indirektan način. Metod indirektnog prikupljanja se zasniva na nadoknadi troškova raspodelom sredstava iz nacionalnog budžeta ili kroz razne poreze, naknade i takse, koje korisnici plaćaju prilikom kupovine i registracije vozila, odnosno prilikom kupovine pogonskog goriva i slično. Sa druge strane, kada je reč o direktnom metodu prikupljanja sredstava, govorimo o naplati putarine, odnosno direktnom ubiranju naknade od korisnika za upotrebu mreže autoputeva.

Putarina, kao izvor finansiranja, doprinosi razvoju putne infrastrukture i finansiranju novih investicija u putnu mrežu. Putarina ili naplata korišćenja infrastrukturnog objekta predstavlja cenu za korišćenje puteva, mostova, tunela i drugih infrastukturanih objekata u svrhu povraćaja sredstava koja se troše na eksploataciju i održavanje infrastrukturnog objekta. Postoji više načina naplate putarina počevši od tradicionalnog pristupa manuelne naplate, preko vinjeta, smart kartica i raznih drugih elektronskih sistema, pa sve do savremenih globalnih navigacionih satelitskih sistema - GNSS/CN (*Global Navigation Satellite System / Cellular Network*) i plaćanja putarine uz pomoć pametnih telefona.

Manuelna naplata putarine se oslanja na gotovinsko plaćanje za korišćenje autoputa koji ručno sprovodi osoblje naplate putarine. Za ovu vrstu naplate karakteristično je zadržavanje u redu, jer proces plaćanja traje određeni period. Vozač mora da zaustavi svoje vozilo i plati službeniku određeni iznos koji zavisi od karakteristika i klasifikacije vozila, kao i pređene udaljenosti. Kada vozač završi plaćanje, podiže se rampa i prolaz je slobodan. Na ovim naplatnim rampama plaćanje je moguće izvršiti na više načina: gotovinski, čekovima ili kreditnim karticama. (Glavić, 2016) Izgled manualnog sistema naplate putarine prikazan je na **slici 1**.



Slika 1. Manuelni sistem naplate putarine
Izvor: images.newindianexpress.com

Drugu vrstu naplate putarine čine sistemi elektronske naplate koje karakteriše plaćanje pri kojem korisnik nema dodira sa naplatnim kućicama niti blagajnicima. Drugim rečima, govorimo o elektronskim sistemima bezkontaktne naplate putarine. Naplata je automatska, vozilo se ne zaustavlja na naplatnoj rampi, već je potrebno samo da vozač uspori vožnju, kako bi se uspostavio kontakt, prepoznao OBU (*On board unit*) i propustilo vozilo. Račun se ispostavlja jednom mesečno ili u okviru perioda koji korisnik može izabrati. Tehnologije koje pripadaju ovoj vrsti naplate ne predstavljaju uslove slobodnog toka, jer vozila moraju da redukuju brzinu kretanja na 10 km/h do 60 km/h zavisno od konfiguracije sistema. Na **slici 2** je prikazan sistem elektronske naplate putarine koji zahteva redukciju brzine prilikom transakcije.



Slika 2. Sistem elektronske naplate putarine koji zahteva redukciju brzine
Izvor: www.kapsch.net

Najsavremeniji način plaćanja putarine baziran je na sistemu višetračnog slobodnog protoka vozila, odnosno na otvorenom sistemu naplate. Ovaj sistem je dizajniran tako da vozila održavaju svoju brzinu i mogu da menjaju trake kretanja (uključujući i zaustavne trake), kada prolaze ispod naplatnog portala. Putarina se naplaćuje bezkontaktno i ne zahteva od vozača da preduzme bilo kakvu akciju osim vožnje. Ovakav sistem iz tog razloga utiče na povećani nivo usluge u saobraćajnom toku i vozači praktično ne primećuju proces naplate putarine koji se obavlja automatski. U zavisnosti od načina plaćanja, korisnici mogu da biraju između plaćanja unapred i naknadnog plaćanja. Izbegavanje naplate putarine se kontroliše kroz primenu automatskog prepoznavanja registarskih tablica. Sistem naplate putarine baziran na višetračnom slobodnom protoku prikazan je na **slici 3**.



Slika 3. Sistem elektronske naplate putarine baziran na višetračnom slobodnom protoku vozila
Izvor: www.vonbraunlabs.com

Sa aspekta zaštite životne sredine značajan negativan uticaj saobraćaja ogleda se u zagađivanju vazduha. Svaki utrošeni litar fosilnog goriva sagorevanjem proizvede približno 100 g ugljen-monoksida, 20 g isparljivih organskih jedinjenja, 30 g azotnih oksida, 2,5 kg ugljen-dioksida i mnogih drugih štetnih i otrovnih materija kao što su jedinjenja sumpora i čvrste čestice. Sva ova jedinjenja u određenoj meri dovode do aerozagađenja, bilo direktnim uticajem na zdravlje ili globalno, npr. izazivanjem efekta staklene bašte (Papić i ostali, 2010). Na osnovu prethodno navedenog i činjenice nepovoljnog režima rada motora u oblasti naplatnih stanica, nameće se potreba za analizom uticaja različitih sistema naplate putarine na životnu sredinu, a naročito na aerozagađenje.

Sistemi elektronske naplate putarine (ENP) smatraju se efikasnim sredstvom za poboljšanje uslova u saobraćajnom toku i smanjenje vremenskih gubitaka usled bezkontaktno naplate. Međutim, kao rezultat mnogobrojnih istraživanja, procenjeno je da je primenom sistema elektronske naplate putarine moguće ostvariti značajne koristi i u pogledu kvaliteta životne sredine, pre svega kvaliteta vazduha. Mnogo je teže odrediti uticaj ENP na životnu sredinu, odnosno na okolinu, nego na poboljšanje saobraćajnih performansi (zagušenja, redovi, vremenski gubici, kapacitet, bezbednost). Ipak, naučna procena uticaja ENP na uslove životne sredine je od suštinskog značaja za naknadno vrednovanje projekata ENP, a takođe pruža i važne instrukcije u pogledu budućih razvojnih strategija sistema.

2. PREGLED LITERATURE

Širom sveta postoji više od 70 hiljada naplatnih rampi na kojima se dnevno opsluži preko 100 miliona vozila. Veliki broj sistema naplate, uključujući sistem u našoj zemlji, još uvek je baziran na tradicionalnom principu ručne naplate. Osnovni problem ovakvog sistema plaćanja ogleda se u stvaranju zagušenja i formiranju redova na naplatnim stanicama, što direktno utiče na povećanje potrošnje goriva i povećanje emisije izduvnih gasova. Iz tog razloga se teži unapređenju sistema naplate i primeni inteligentnih transportnih sistema, kao što je elektronska naplata putarine. Ovakve tehnologije omogućavaju bezkontaktnu naplatu i obezbeđuju konstantan protok vozila, što ujedno utiče na smanjenje prethodno navedenih negativnih efekata. Upravo je ta redukcija izduvnih gasova primenom ENP u odnosu na tradicionalnu metodu naplate podstakla istraživače da pokušaju da procene uticaj različitih sistema naplate putarina na okolinu.

Veliki broj studija su upravo bile bazirane na proceni redukcije aerozagađenja primenom ENP na naplatnim rampama. Margarida i ostali su 2005. godine razvili metodologiju za kvantifikovanje uticaja naplatnih rampi u pogledu emisije izduvnih gasova. Pristup je bio zasnovan na eksperimentalnom merenju i pokušaju da se objasni veza između promenljivih koje su praćene (zaustavljanje, dužina reda i emisije). Jedan od rezultata je bio da je primenom ENP moguće redukovati emisiju CO₂ za 70% u odnosu na konvencijalni način plaćanja

kada postoji red od 20 vozila, dok je za red od jednog vozila redukcija 11%. Sve veći broj studija je usmeren i ka analizi tehnologija baziranih na višetračnom slobodnom protoku, odnosno otvorenom sistemu naplate i njihovim uticajima na zagađenje životne sredine.

Bartin i ostali (2006) su sproveli mikrosimulacijski proces vrednovanja promena nivoa štetnih materija u vazduhu kao rezultat implementacije ETC (*Electronic Toll Collection*) sistema naplate putarine na mreži autoputeva u New Jersey-u. Za analizu su koristili mikrosimulacijski softver PARAMICS i osnovni cilj im je bio da utvrde kratkoročne i dugoročne uticaje ETC sistema. Praćeno je stanje ugljen-monoksida (CO), ugljovodonika (HC), azotovih oksida (NOx) i čestica (PM10), odnosno za svaki vremenski interval utvrđena je emisija svakog od navedenih elemenata u zavisnosti od tipa vozila i brzine kretanja. Njihov rad je bio fokusiran na uticaj emisije izduvnih gasova primenom ETC sistema u jutarnjem vršnom periodu (7⁰⁰-9⁰⁰). Ispitali su kratkoročne i dugoročne (6 godina) uticaje primene ovog sistema na okolinu.

U početku su analizirani kratkoročni uticaji na okolinu sa i bez ETC, simulirajući saobraćajne zahteve iz 1999. godine. Rezultati te analize pokazuju redukciju CO, HC i NOx za 36,3%, 47,2% i 28,2%, redom. Međutim, nivo emisije PM10 je povećan za 6,7%. Kada je reč o dugoročnoj analizi, ona je sprovedena u dva scenarija. Prvi scenario je analiza emisije od 1999. do 2005. bez ETC sistema, a drugi analiza u istom vremenskom periodu sa implementiranim ETC sistemom. Rezultati, pomalo neočekivano, pokazuju porast emisije zagađenja vazduha od 32,3% tokom jutarnjeg vršnog perioda. Na svim naplatnim stanicama zabeleženo je smanjenje nivoa CO i HC od 12% i 20%, ali je sa druge strane nivo emisije NOx i PM10 povećan za 20%, odnosno 96%, redom. Generalno, rezultati ovih analiza ukazuju da je primenom ETC sistema naplate putarine moguće ostvariti smanjenje nivoa zagađenosti u kratkoročnom periodu, međutim, analiza dugoročnih uticaja ukazuje da primena ovog sistema nije dovoljna da se kompenzuje porast saobraćajnih zahteva.

Perez – Martinez i ostali (2010) su u svom radu pokušali da procene potrošnju energije i emisiju ugljen-dioksida (CO₂) u zavisnosti od tri različita sistema naplate putarine, za četiri kategorije vozila: putnički automobil, lako teretno vozilo, autobus i teško teretno vozilo. Studija je sprovedena na autoputu AP-41 u Španiji, na deonici između Toleda i Madrida. Jedan od sistema naplate putarine je bio tradicionalan način plaćanja (*Manual*), drugi primenom sistema ETC, dok je treći bio baziran na slobodnom toku, odnosno otvorenom sistemu plaćanja putarine - ORT (*Open Road Tolling*).

Manual sistem je u sklopu analize potrošnje energije koncipiran iz tri koraka, odnosno faze: faza usporavanja, faza opsluživanja gde vozilo stoji i faza ubrzavanja. Ukoliko na naplatnim rampama postoji formirana kolona vozila javlja se i faza čekanja u redu. Kod ETC sistema u formuli figurišu samo dve faze, odnosno faza usporavanja i ubrzavanja, dok u slučaju ORT ne postoje faze, jer vozilo ne menja svoju brzinu kretanja prilikom prolaska kroz naplatni portal.

Utvrđeno je da su potrošnja energije i emisija ugljen-dioksida u bliskoj vezi sa masom vozila, efikasnošću motora, izloženošću vetru i stepenom ubrzanja. Ovi parametri direktno ili indirektno utiču na spoljne sile koje određuju potrošnju energije. Sama primena različitih sistema naplate utiče na jačinu pomenutih sila i na taj način, sistem naplate putarine može imati veliki uticaj na energetska efikasnost celokupnog saobraćajnog sistema.

Model koji su autori koristili u analizi potrošnje efikasnosti ($U_{i,j}$) je sledeći:

$$U_{i,j} = L^{-1} \left[C_i \times M_{fr} \times a \times d_i + C_r \times P \times \cos\theta \times d_g + (1/2) \times \rho \times C_d \times A_j \times V_r^2 \times d_a + \left(\frac{m^2 V^4}{R^2 C_{av}} \right) \times d_c \right] \times \eta_{motor} \times e_v$$

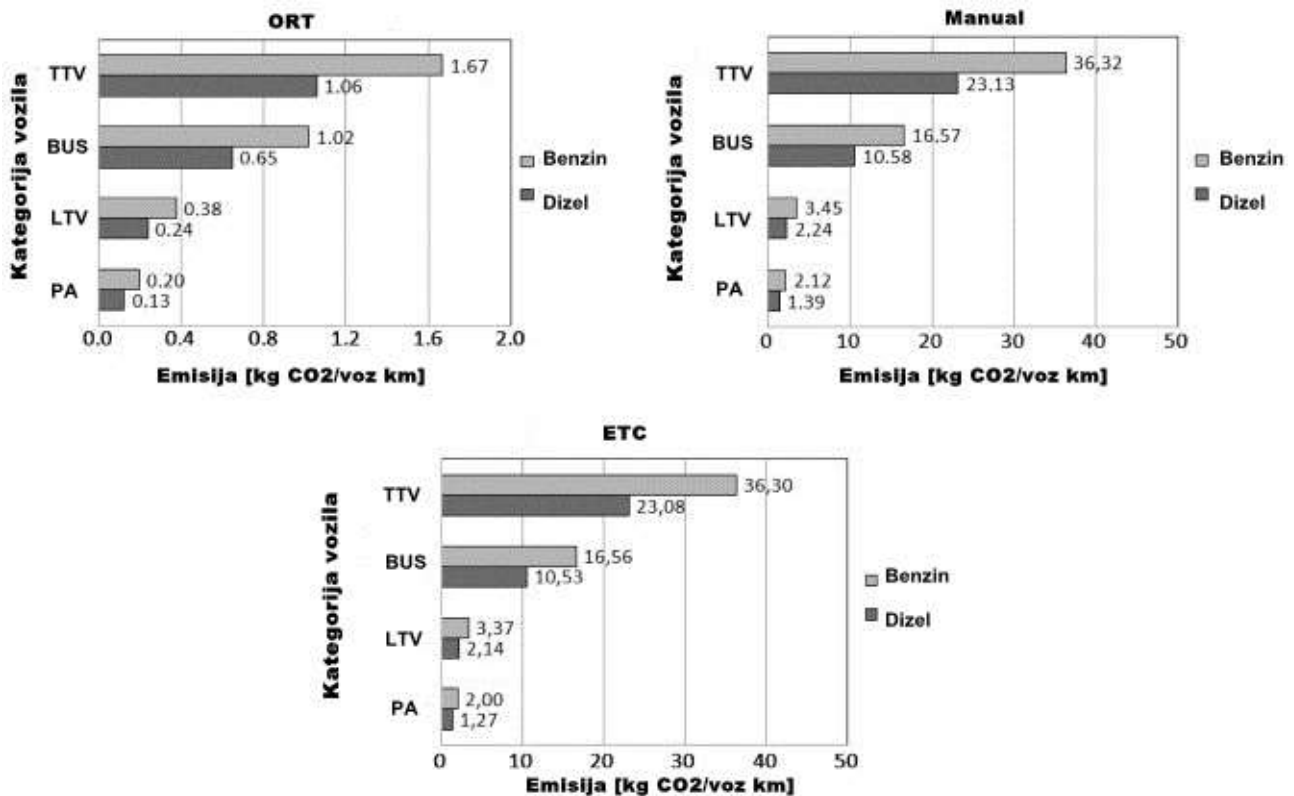
gde su:

- C_i – korekcionni faktor u zavisnosti od mase vozila
- M_{fr} – korekcionni faktor u zavisnosti od mase vozila prilikom skretanja
- a – ubrzanje
- d – usporenje
- C_r – otpor kotrljanja
- P – težina vozila
- θ – poprečni nagib
- ρ – gustina vazduha
- C_d – otpor klizanja
- A_j – čeonu površinu vozila

V – brzina vozila
 η_{motor} – efikasnost motora
 e_v – faktor izloženosti vetru
 L - dužina deonice
 R - poluprečnik od centra gravitacije
 C_{av} - korekcionni faktor krutosti prilikom skretanja
 m - masa vozila

Nakon utvrđivanja utrošene energije, odnosno energetske efikasnost, takođe je utvrđen intenzitet ugljenika u zavisnosti od količine potrošenog goriva za svaku od kategorija vozila.

Rezultati koji su dobijeni ovom analizom prikazani su na slici 4.



Slika 4. Rezultati analize emisije CO₂
 Izvor: Perez – Martnez, 2010

Hernandez i ostali su dve godine kasnije (2012), takođe, sproveli studiju uticaja naplatnih sistema na emisiju CO₂ koja se bazirala na istoj metodologiji kao i studija prethodno navedenih autora, ali uz delimično modifikovan obrazac za proračun potrošnje energije. Analiza je izvršena na autoputu u Španiji, u dužini od 3024 km. Osnovni cilj njihovog rada se ogledao u uporednoj analizi potrošnje energije, odnosno emisije ugljen-dioksida (CO₂) primenom različitih sistema naplate putarine (Manual, ETC i ORT).

S obzirom da sistem ORT ne prouzrokuje nikakve promene u kretanju vozila, autori su analizu emisije za ovaj sistem izvršili na osnovu već postojeće metodologije bazirane na modelu COPERT IV. Sa duge strane analiza ukupne potrošnje energije (U_k) u slučaju ostalih sistema naplate sprovedena je primenom sledećeg obrasca:

$$U_k = [C_i \times M_{fr} \times a \times d_i + C_r \times P \times \cos\theta \times d_r + (1/2) \times \rho \times C_d \times A_j \times V_r^2 \times d_a] \times (1/\eta_{motor}) \times e_v$$

Kao i u prethodnoj studiji, i u ovoj je nakon utvrđivanja utrošene energije, odnosno energetske efikasnosti, utvrđen intenzitet ugljenika u zavisnosti od količine potrošenog goriva za svako vozilo. Ekspandiranjem rezultata na celokupnu potražnju, tj. ukupan broj vozila određene su emisije ugljen-dioksida svakog od sistema.

Ova analiza je sprovedena za radne dane i dane vikenda, na dve naplatne stanice:

- San Rafael – PGDS od 16043 voz/dan, 21% komercijalnih vozila u toku radnih dana i PGDS od 18728 voz/dan, 13% komercijalnih vozila za dane vikenda;
- Sanchidrian – PGDS od 8095 voz/dan, 13% komercijalnih vozila u toku radnih dana i PGDS od 10209 voz/dan, 5% komercijalnih vozila za dane vikenda.

Rezultati do kojih su autori došli su prikazani u **tabeli 1**.

Tabela 1. Rezultati emisije CO₂

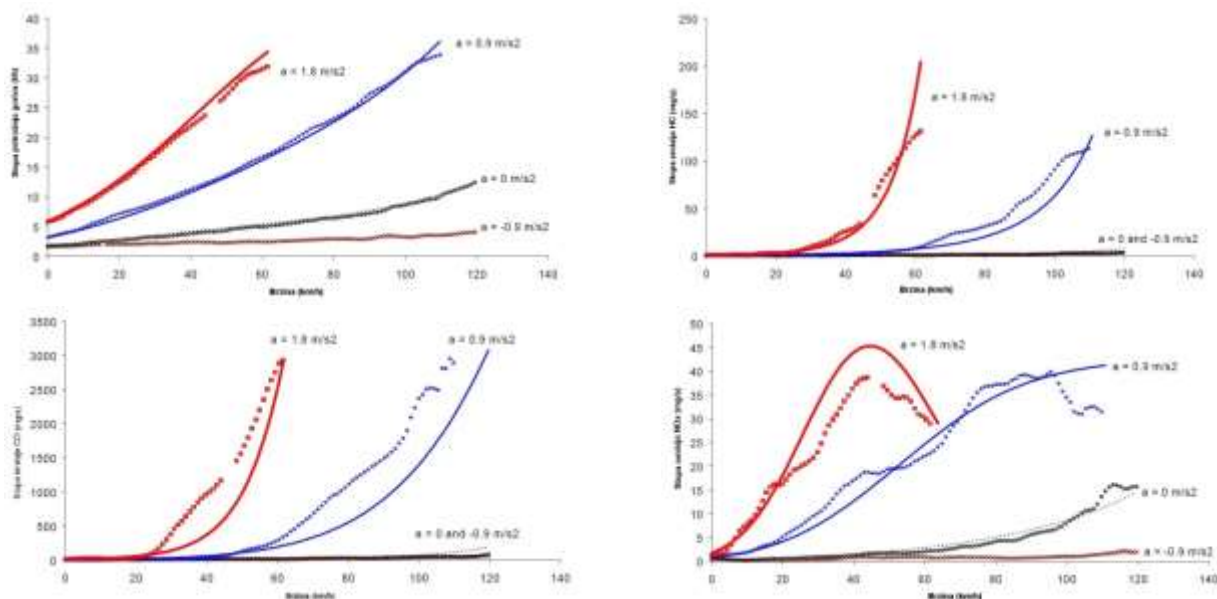
Lokacija	Sistem naplate	Radni dani		Dani vikenda	
		Emisija CO ₂ (tCO ₂ /dan)	Godišnje uštede CO ₂ (%)	Emisija CO ₂ (tCO ₂ /dan)	Godišnje uštede CO ₂ (%)
San Rafael	Postojeći	11,52		11,43	
	Manual	12,19	-5,76%	11,84	-3,56%
	ETC	9,01	21,87%	8,70	23,92%
	ORT	3,44	70,12%	3,46	69,74%
Sanchidrian	Postojeći	5,43		6,10	
	Manual	5,69	-4,71%	6,31	-3,31%
	ETC	4,19	22,81%	4,63	24,19%
	ORT	1,63	70,01%	1,85	69,68%

Izvor: Hernandez i ostali, 2012

Rezultati prikazuju da je primenom savremenijih sistema naplate putarine moguće ostvariti uštede u pogledu smanjenja emisije ugljen dioksida na godišnjem nivou i preko 70% primenom ORT sistema i preko 20% primenom ETC sistema.

3. METODOLOGIJA

Shodno navedenim problemima i dokazanim uticajima različitih sistema naplate putarina na životnu sredinu, u ovom radu je takođe sprovedena slična analiza. Naime, analizirana je potrošnja goriva, kao i emisija izduvnih gasova, odnosno ugljen-dioksida (CO₂), ugljovodonika (HC), ugljen-monoksida (CO) i azotnih oksida (NO_x). Osnovni pristup analizi je zasnovan na promenama brzine kretanja vozila prilikom transakcije u slučajevima različitih sistema naplate. Pored toga, u analizu je uključen i uticaj ubrzanja i usporjenja prilikom promena brzina. Kao osnov za analizu potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova u zavisnosti od promena brzina korišćeni su podaci koje su u svom radu primenili Rakha i ostali (2000). Prikaz odnosa brzina (ubrzanja/usporenja) i potrošnje goriva, odnosno emisija izduvnih gasova, prikazan je na **slici 5**.



Slika 5. Prikaz odnosa brzina (ubrzanja/usporenja) i potrošnje goriva, odnosno emisije izduvnih gasova
Izvor: Rakha i ostali, 2000

Ograničenja u samoj analizi uticaja različitih sistema naplate putarine na životnu sredinu, ogledaju se u nedostatku referentnih i pouzdanih podataka o međusobnom odnosu brzina, odnosno ubrzanja/usporenja i potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova za kategorije teretnih vozila i autobuse. Iz tog razloga celokupna procena u ovom radu sprovedena je samo za kategoriju putničkih automobila.

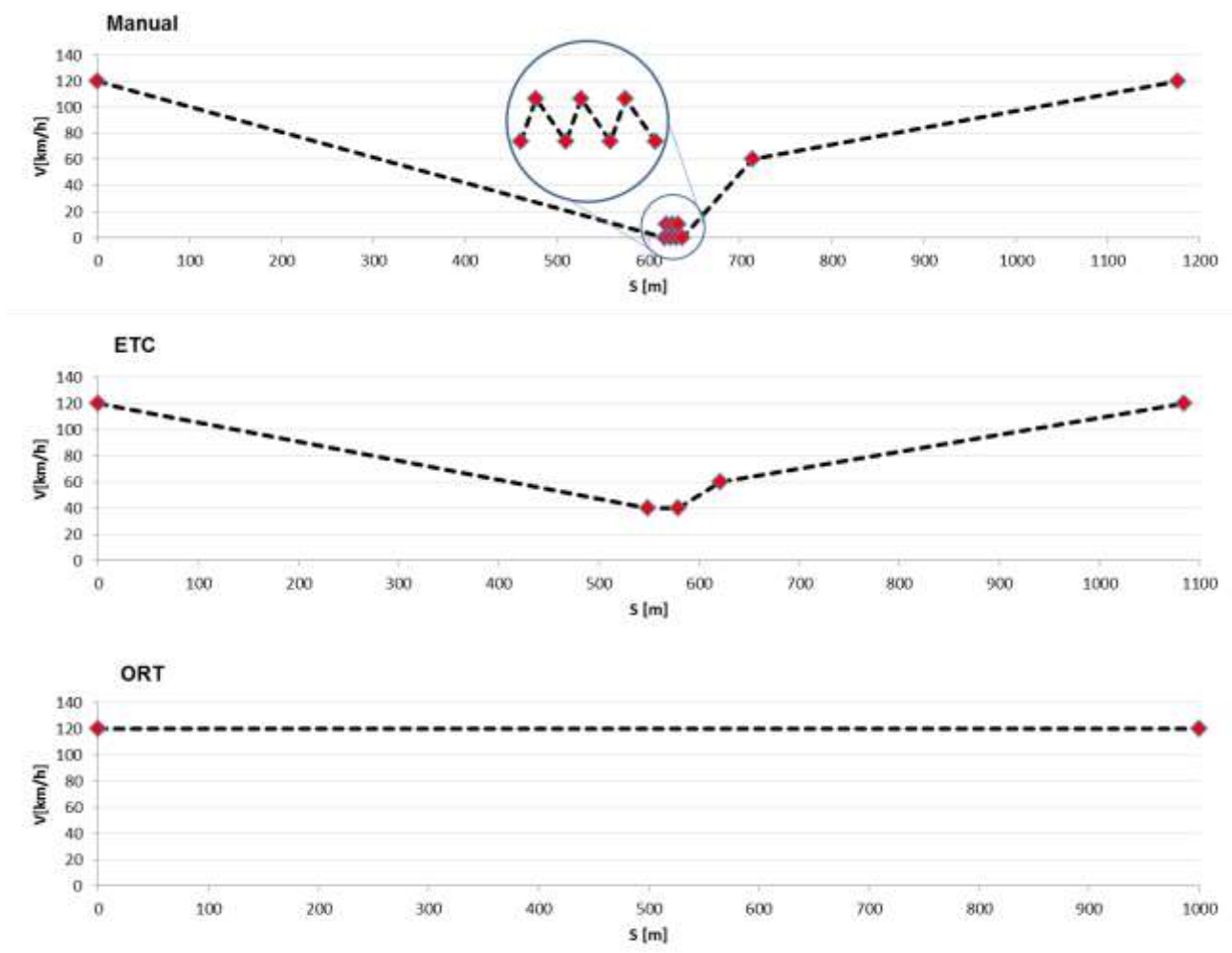
Polazna osnova u određivanju vrednosti cikličnih promena brzina zasnovana je na empirijskim podacima. Kod svih sistema naplate pretpostavlja se početna brzina od 120 km/h.

Kada je reč o sistemu ručne naplate (*Manual*), zbog načina funkcionisanja samog sistema, vozila moraju u potpunosti da se zaustave, provedu određeno vreme čekajući u redu (u analizi je pretpostavljeno da u trenutku dolaska vozila na naplatnu stanicu, postoji formiran red od tri vozila), pa potom ubrzaju do početne brzine od 120 km/h.

Kod sistema elektronske naplate (*ETC*), vozila se ne zaustavljaju, već samo redukuju svoju brzinu na 40 km/h prilikom prolaska naplatne stanice i potom ubrzavaju do početne brzine.

Što se tiče sistema naplate baziranom na slobodnom protoku, odnosno otvorenog sistema naplate (*ORT*), tu ne postoji redukcija brzine, već se vozila kreću konstantnom brzinom od 120 km/h.

Grafički prikaz cikličnih promena brzina prikazan je na **slici 6**.



Slika 6. Ciklične promene brzina u slučaju različitih sistema naplate putarine
Izvor: Autori rada, 2017

U **tabeli 2** su prikazane vrednosti brzina kretanja vozila, vremena i rastojanja koja su potrebna vozilima za svaku od faza usporenja, odnosno ubrzanja i kretanja konstantnom brzinom, kao i vrednosti samih ubrzanja / usporenja.

Tabela 2. Vrednosti brzina, vremena, rastojanja i ubrzanja za svaku od faza

Sistem naplate	Brzina (km/h)	t (s)	S (m)	a (m/s ²)
Manual	120 – 0	37,03	617,16	-0,9
	0 – 10	1,54	2,13	1,8
	10 – 0	3,09	4,30	-0,9
	0 – 60	9,26	77,17	1,8
	60 – 120	18,51	462,74	0,9
ETC	120 – 40	24,69	548,60	-0,9
	40	2,70	30,00	0
	40 – 60	3,09	42,92	1,8
	60 – 120	18,51	462,74	0,9
ORT	120	30,00	1000,00	0

Izvor: Autori rada, 2017

4. REZULTATI

Svi dobijeni rezultati, počevši od potrošnje goriva do emisije izduvnih gasova, u zavisnosti od različitih sistema naplate putarine, svedeni su na vrednost iskazanu u gramima po jednom kilometru (g/km) po jednom vozilu.

4.1. Potrošnja goriva (*Fuel consumption – FC*)

Rezultati sprovedene analize, kada je u pitanju potrošnja goriva u okviru naplatnih stanica, prikazuju da je primenom sistema slobodnog toka moguće ostvariti uštede u potrošnji kod pojedinačnog vozila i do 50% u odnosu na sistem tradicionalnog - manualnog plaćanja putarine. Drugim rečima, potrošnja goriva pojedinačnog vozila u sistemu ručne naplate iznosi 205,41 g/km, dok kod sistema slobodnog toka ta vrednost iznosi 104,17 g/km. U slučaju primene sistema elektronske naplate, moguće su uštede u odnosu na manualni sistem od 14%, odnosno primenom sistema elektronske naplate ostvaruje se potrošnja goriva jednog vozila od 177,29 g/km.

4.2. Emisija ugljen-dioksida (CO₂)

Emisija ugljen-dioksida se procenjuje na osnovu potrošnje goriva, uz pretpostavku da sadržaj ugljenika u gorivu u potpunosti oksidira u CO₂. Obrazac za procenu emisije ugljen-dioksida je preuzet iz modela za proračun emisije izduvnih gasova COPERT IV i glasi:

$$E_{CO_2} = 44,011 \times \frac{FC}{12,011 + 1,008 \times r_{H:C} + 16,000 \times r_{O:C}}$$

gde je:

E_{CO_2} - emisija ugljen-dioksida

FC – potrošnja goriva

$r_{H:C}$ – odnos vodonika i ugljenika ($r_{H:C} = 1,8 (2,0)$)

$r_{O:C}$ – odnos kiseonika i ugljenika ($r_{O:C} = 0,0$)

Analiza rezultata emisije CO₂ prikazuje da je i u ovom slučaju moguće ostvariti značajne uštede primenom savremenih sistema naplate putarine. Naime, primenom tradicionalnog sistema, u oblasti naplatne stanice, po jednom vozilu se ostvaruje emisija ugljen-dioksida od 0,82 g/km, kada je reč o elektronskoj naplati emisija iznosi 0,56 g/km, dok je kod sistema slobodnog protoka emisija CO₂ svedena na 0,33 g/km.

4.3. Emisija ugljovodonika (HC)

Rezultati emisije ugljovodonika prikazuju da je kod sistema naplate koji je baziran na slobodnom toku moguće ostvariti znatno veće uštede u odnosu na primenu ostala dva modela. Emisija HC pojedinačnog vozila u slučaju slobodnog toka iznosi 0,15 g/km, dok je vrednost emisije za elektronski sistem i sistem ručne naplate, 1,38 g/km i 1,59 g/km, redom.

4.4. Emisija ugljen-monoksida (CO)

Kao i u prethodnom slučaju, tako i u slučaju emisije ugljen-monoksida značajno veće uštede se mogu ostvariti primenom otvorenog sistema naplate u odnosu na manuelni i elektronski sistem. Emisija CO za najpovoljniji sistem iznosi 5,40 g/km po vozilu, za sistem elektronske naplate 27,58 g/km, dok kod manuelnog sistema emisija iznosi 29,13 g/km. Iz razloga što je emisija ugljen-monoksida u bliskoj vezi sa promenom brzine kretanja, odnosno procesom ubrzavanja vozila, ovakvi rezultati nisu iznenađujući.

4.5. Emisija azotnih oksida (NO_x)

Na kraju, i rezultati emisije azotnih oksida, takođe, prikazuju da je najveća emisija izduvnih gasova koncentrisana kod sistema sa ručnom naplatom putarine (0,82 g/km), potom kod sistema sa elektronskom naplatom (0,76 g/km), dok je očekivano najmanja emisija azotnih oksida po pojedinačnom vozilu prilikom konstantne brzine kretanja u sistemu naplate baziranom na slobodnom protoku (0,45 g/km).

Svi rezultati dobijeni analizom potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova su prikazani u **tabeli 3**.

Tabela 3. Rezultati analize potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova po vozilu

Sistem naplate	Potrošnja goriva (g/km)	Emisija izduvnih gasova (g/km)			
		CO ₂	HC	CO	NO _x
Manual	205,41	0,82	1,59	29,13	0,82
ETC	177,29	0,56	1,38	27,58	0,76
ORT	104,17	0,33	0,15	5,40	0,45

Izvor: Autori rada, 2017

5. ZAKLJUČAK

Kao što je ranije pomenuto, savremeni sistemi naplate putarine veoma efikasno utiču na poboljšanje uslova u saobraćajnom toku, prvenstveno kroz smanjenje vremenskih gubitaka vozila na naplatnim stanicama, povećanje brzine kretanja vozila prilikom transakcije i samim tim poboljšanje nivoa usluge. Međutim, sprovedena analiza uticaja različitih sistema naplate putarine na životnu sredinu, odnosno na kvalitet vazduha i aerozagađenje, dovodi do zaključka da je primenom savremenih sistema naplate putarine, takođe moguće ostvariti i uštede u pogledu potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova.

U analizi je poseban akcenat stavljen na uporednoj evaluaciji tradicionalnog ručnog sistema naplate putarine (sa obaveznom zaustavljanjem), elektronskog sistema koji zahteva redukciju brzine prilikom transakcije (bez zaustavljanja) i sistema višetračnog slobodnog protoka vozila. Prognoze su, zbog nedostatka pouzdanih podataka, sprovedene samo za kategoriju putničkih automobila.

Uočeno je da se najveće uštede u potrošnji goriva i emisiji izduvnih gasova u odnosu na tradicionalni – manuelni sistem naplate mogu ostvariti primenom sistema koji je baziran na višetračnom slobodnom protoku vozila, ali ni uštede primenom elektronskog sistema naplate nisu zanemarljive. Rezultati ukazuju da je primenom otvorenog sistema naplate moguće ostvariti uštede u pogonskom gorivu u oblasti naplatnih stanica do 50% u odnosu na manuelni sistem. Kada je reč o primeni elektronskog sistema naplate moguće uštede iznose oko 14% u odnosu na manuelni sistem. Takođe je značajno veća količina emisije izduvnih gasova, tačnije ugljen-dioksida (CO₂), ugljovodonika (HC), ugljen-monoksida (CO) i azotnih oksida (NO_x) u slučaju manuelnog sistema u odnosu na sistem elektronske naplate putarina i otvorenog sistema.

Na osnovu dobijenih rezultata jasno se uočavaju prednosti primene savremenih sistema za ubiranje naknade za korišćenja autoputa u pogledu zaštite životne sredine. Ekonomski moćne i razvijene zemlje su već prepoznale problem koji nastaje kao posledica sve veće ekspanzije drumskog saobraćaja i već u velikoj meri primenjuju sisteme savremenih detekcija i naplate putarine uz pomoć bezkontaktnih sistema. U našoj zemlji postoji sistem elektronske naplate putarina (ENP), ali taj sistem nije u potpunosti prihvaćen od strane korisnika. Neprihvatljivost sistema se u najvećoj meri ogleda u lošoj informisanosti korisnika o radu samog sistema i nemogućnosti jednostavne kupovine i dopune tag uređaja koji omogućava naplatu putarine bez zaustavljanja.

Kao predlog poboljšanja uslova na mreži naših puteva, a imajući u vidu dobijene rezultate kako u ovom tako i mnogim drugim radovima sa sličnom tematikom, nameće se potreba za aktivnijim razvojem elektronske

naplate putarina. Pored toga neophodna je dodatna informisanost korisnika o prednostima primene ovog sistema, ali i mogućnost jednostavne kupovine i dopune tag uređaja.

Kako bi u budućim istraživanjama bilo moguće izvršiti detaljniju procenu uticaja naplatnih rampi na emisiju izduvnih gasova, odnosno na životnu sredinu, neophodno je analizirati uticaj ostalih kategorija vozila koje se mogu naći u saobraćajnom toku (LTV, TTV, BUS, AV). Dakle, povećanjem uzorka i prikupljanjem preciznijih podataka moguće je doći do pouzdanijih rezultata. Takođe, u daljem istraživanju bi trebalo sprovesti studiju slučaja, sa istraživanjima i merenjima specijalizovanom opremom na terenu, analize uticaja različitih naplatnih sistema na našim naplatnim rampama.

6. LITERATURA

- [1] Bartin, B., Mudigonda, S., Ozbay, K., 2006. Impact of Electronic Toll Collection on Air Pollution Levels using Microscopic Simulation Model of Large-Scale Transportation Network. Journal of the Transportation Research Board, Volume 2011, Issue 29, pp. 68 - 77
- [2] Coelho, M., Farias, T., Roupail, N., 2005. Measuring and Modeling Emission Effects for Toll Facilities. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Volume 2011, Issue 40, pp. 136 - 144
- [3] Glavić, D., 2016. Komercijalna eksploatacija autoputeva: tehnologije naplate putarine, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Srpsko društvo za puteve "VIA VITA", broj strana 87.
- [4] Hernandez, S., Monzon, A., Sobrino, N., 2012. Decarbonization of toll plazas: Impact assessment of toll collection system management, 92th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C
- [5] Papić, V., i ostali. 2010. Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom COPERT IV modela evropske agencije za životnu sredinu
- [6] Perez-Martinez, P., Ming, G., Dell'Asin, G., Monzon, A., 2011. Evaluation of the influence of toll systems on energy consumption and CO₂ emissions: A case study of a Spanish highway, Journal of King Saud University – Science, Volume 23, Issue 3, pp. 301-310
- [7] Rakha, H., Van Aerde, M., Ahn, M., Trani, A., 2000. Requirements traffic signal control impacts on energy and emission based on instantaneous speed and acceleration measurements, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Volume 1738, Issue 3, pp. 56 - 67

OPOREZIVANJE PUTNIČKIH AUTOMOBILA U EVROPSKIM ZEMLJAMA U FUNKCIJI REŠAVANJA EKOLOŠKIH PROBLEMA

Snežana Kaplanović¹

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, e-mail: s.kaplanovic@sf.bg.ac.rs

Ivan Ivković

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, e-mail: i.ivkovic@sf.bg.ac.rs

Aleksandar Manojlović

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, e-mail: a.manojlovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Rešavanje ekoloških problema prouzrokovanih drumskim saobraćajem, posebno problema globalnog zagrevanja i klimatskih promena, jedan je od najvećih izazova danas. U cilju rešavanja ovih problema mnoge evropske zemlje su pribegle uvođenju ekološke dimenzije u oporezivanje putničkih automobila koji predstavljaju značajan izvor emisije CO₂. Njihova iskustva na ovom polju mogu biti veoma korisna za zemlje koje bi tek trebalo da se odluče na ovakav korak u sprovođenju politike održivog drumskog saobraćaja. Upravo iz tog razloga različiti metodi oporezivanja putničkih automobila zasnovani na emisiji CO₂ koji se primenjuju u evropskim zemljama, kao i efekti njihove primene, a samim tim i mogućnosti da se putem poreskih podsticaja utiče na unapređenje energetske efikasnosti i smanjenje emisije CO₂ predmet su istraživanja ovog rada.

Ključne reči: oporezivanje, putnički automobil, CO₂ emisija

PASSENGER CARS TAXATION IN EUROPEAN COUNTRIES FOR THE PURPOSE OF SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Snežana Kaplanović

University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, e-mail: s.kaplanovic@sf.bg.ac.rs

Ivan Ivković

University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, e-mail: i.ivkovic@sf.bg.ac.rs

Aleksandar Manojlović

University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, e-mail: a.manojlovic@sf.bg.ac.rs

Abstract: Solving environmental problems caused by road transport, in particular problems of global warming and climate change, is one of the biggest challenges today. Given that cars are significant sources of CO₂ emissions, many European countries have resorted to the introduction of an environmental dimension in the passenger cars taxation in order to solve these problems. Their experiences in this field can be very useful for countries that are yet to decide on such a step in the implementation of the sustainable road transport policy. For this reason, different methods of passenger cars taxation based on CO₂ emissions which are applied in European countries, as well as the effects of their implementation and therefore the ability to improve energy efficiency and reduce CO₂ emissions through tax incentives are researched in this paper.

Keywords: taxation, passenger car, CO₂ emission

1. UVOD

Drumski saobraćaj jedan je od najvećih izvora emisije CO₂. U Evropskoj uniji skoro petina ukupne emisije CO₂ poreklom je upravo iz drumskog saobraćaja, a najveća odgovornost za to leži na putničkim automobilima i lakim teretnim vozilima, jer oni emituju čak tri četvrtine emisije CO₂ koja potiču iz ovog vida saobraćaja (European Commission, DG Climate Action, n.d.). Ovo je usko povezano sa činjenicom da je transportni sektor, posebno drumski i dalje značajno vezan za naftne derivate, što je neodrživo na duže staze. Zato i ne čudi što je povećanje energetske efikasnosti i smanjenje emisije CO₂ putničkih automobila jedan od važnijih zadataka u mnogim evropskim zemljama. Pored tehnoloških inovacija i različitih regulatornih mera, ostvarivanje ovog zadatka će u izvesnoj meri zavistiti i od načina kreiranja i primene različitih ekonomskih instrumenta, među kojima posebni značaj, svakako, imaju porezi na vozila i porez na gorivo. Zato ovaj rad

¹ Snežana Kaplanović, e-mail: s.kaplanovic@sf.bg.ac.rs

akcentat stavlja na analizu i komparaciju različitih načina oporezivanja putničkih automobila, zasnovanih na emisiji CO₂, koji su prisutni u Evropskim zemljama i na efekte njihove primene.

2. EKOLOŠKI MOTIVISANO OPOREZIVANJE PUTNIČKIH AUTOMOBILA

Mnoge evropske zemlje, prvenstveno zemlje članice Evropske unije, su, sprovodeći neku vrstu eko-reforme, redefinisale način obračuna pojedinih poreza u vezi sa vozilom tako što su izvršile njihovo diferenciranje prema emisiji CO₂ ili potrošnji goriva (ACEA, 2017).

Diferenciranje poreza na vozila prema emisiji CO₂ ili potrošnji goriva se vrši tako što se veća poreska opterećenja nameću većim zagađivačima, odnosno vozilima koja su sa stanovišta potrošnje goriva manje efikasna i obrnuto. Diferenciranjem poreza prema emisiji CO₂ kupci se preusmeravaju ka ekološki čistijim vozilima čime se posledično obezbeđuje i niža emisija CO₂. Diferenciranjem poreza prema potrošnji goriva vrši se preusmeravanje kupaca ka energetski efikasnijim vozilima, čime se posledično obezbeđuje veća energetska efikasnost. Poboljšanje energetske efikasnosti, inače, ne znači nužno i smanjenje emisije CO₂. To će, pre svega, zavisiti od samog izvora energije. Kada se radi o energiji poreklom iz fosilnih goriva, benzina i dizel goriva, a koja su još uvek primarni izvor energije kada su u pitanju putnički automobili, onda je ovakvu vezu moguće uspostaviti, budući da između potrošnje fosilnih goriva i emisije CO₂ postoji linearna veza (Mickūnaitis et al., 2007).

Porezi na vozilo zasnovani na emisiji CO₂ ili na potrošnji goriva se vezuju, prvenstveno, za putničke automobile i o njima se odlučuje na nacionalnom nivou, zbog čega su, sasvim razumljivo, u različitim zemljama prisutne potpuno različite obračunske metode i poreske stope, a samim tim i različita poreska opterećenja. Odsustvo bilo kakve harmonizacije može otežati procenu i komparaciju efekata uvedenih poreza među zemljama, a takođe, može dovesti i do različitih zaključaka (Ryan et al., 2009; Brand et al., 2013; Kok, 2015).

3. ISKUSTVA EVROPSKIH ZEMALJA

U Evropskoj uniji je široko rasprostranjena praksa da se emisija CO₂, direktno ili indirektno preko potrošnje goriva, koristi kao referentna veličina za obračun kako jednokratnih poreza koji se plaćaju pri kupovini, odnosno, prvoj registraciji vozila tako i periodičnih poreza koji se plaćaju u vezi sa vlasništvom nad vozilom. Izvan Evropske unije takva praksa prisutna je još u Norveškoj i Švajcarskoj.

Holandija je zemlja čije iskustvo može biti od posebne važnosti budući da je uspela da se, pre svega, zahvaljujući tehnološkom napretku, ali i čitavom jednom paketu veoma oštih, na emisiji CO₂ zasnovanih podsticajnih poreskih mera, u 2013. godini popne na prvo mesto na listi evropskih zemalja sa najnižom prosečnom emisijom CO₂ novih putničkih automobila (Transport and Environment, 2014a). U cilju dostizanja zacrtanih ekoloških ciljeva Holandija intenzivno koristi poreze na putničke automobile. Analizirajući efekte šestogodišnje primene podsticajnih poreskih mera Kok (2015) je pronašao da bi bez njih, u 2013. godini, prosečna emisija CO₂ pri homologaciji prodatih novoprodučenih automobila u Holandiji bila za 13g/km viša. Takođe, Kok (2015) otkriva da od primenjenih poreskih mera najveću zaslugu za to ima na emisiji CO₂ zasnovani porez u vezi sa službenim vozilom, čak 70%, a da je ostatak posledica na emisiji CO₂ zasnovanog registracionog poraza. Međutim, Kok (2015) naglašava da ovakav uspeh nije mogao da prođe bez negativnih posledica po ostvarene poreske prihode po ovom osnovu, što je zahtevalo dodatna prilagođavanja.

Norveška je još jedna zemlja koja se može pohvaliti sa niskom prosečnom emisijom CO₂, novih putničkih automobila, ali i zemlja sa izrazito visokim porezima na automobile (Fridstrøm & Alfsen, 2014). Ono što je još jedna zajednička karakteristika, Holandije i Norveške, jeste i to da su u pitanju zemlje sa najvećim udelom električnih vozila u prodaji u 2013. godini, iznad 5%, što dodatno objašnjava nisku prosečnu emisiju CO₂ novih putničkih automobila u ovim zemljama (Transport and Environment, 2014b). Registracioni porez u Norveškoj se obračunava na osnovu mase praznog vozila, snage motora, emisije CO₂ i emisije NO_x (Fridstrøm & Alfsen, 2014). U svom istraživanju Ciccone (2015) otkriva da se zahvaljujući novom načinu oporezivanja koji je uključio CO₂ komponentu, a samo godinu dana nakon njegovog uvođenja, prosečni intenzitet emisije CO₂ novih automobila smanjio za oko 7,5g/km. Pored toga, Ciccone (2015) ističe da je ovo smanjenje emisije CO₂ rezultat kako preusmeravanja tražnje ka ekološki čistijim vozilima, tako i povećanja udela automobila koji koriste dizel gorivo.

Značaj poreza na vozila, ali i poreza na gorivo na smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte ističu i Kloess & Muller (2011) u svom istraživanju sprovedenom u Austriji. Prema njima, oštrije ekološki motivisane poreske mere u vezi sa vozilom i gorivom treba da, u početnim godinama, dovedu do zaustavljanja rasta

voznog parka u Austriji, a potom i do smanjenja pređenog puta svih vozila u voznom parku i ubrzane primene ekološki čistijih i energetski efikasnijih tehnoloških rešenja u narednim godinama, što će u dugom roku dovesti do znatno niže tražnje za energijom i niže emisije gasova sa efektom staklene bašte Kloess & Muller (2011).

Francuska i Švajcarska pripadaju grupi evropskih zemalja koje su u cilju smanjenja emisije CO₂ putničkih automobila i povećanja njihove energetske efikasnosti uvele tzv. bonus-malus sistem. Bonus-malus sistem u Francuskoj emisiju CO₂ koristi kao referentnu veličinu za odobravanje bonusa kupcima novih vozila koji kupuju ekološki čistija vozila, odnosno za nametanje dodatnih penala kupcima novih vozila koja emituju veće količine CO₂. D'Haultfœuille et al. (2014) navode da su previsoki početni popusti u kratkom roku doveli do neočekivano velike reakcije potrošača na novouvedeni sistem i porasta prodaje automobila za 13%, a budući da su se u cilju dobijanja popusta, kupovali automobili sa tek nešto manjom emisijom, došlo je i do povećanja ukupne emisije CO₂. Istovremeno, D'Haultfœuille et al. (2014) naglašavaju i da su viši izdaci na bonuse u odnosu na obračunate penale, u prvoj godini njihove primene, doveli i do narušavanja početnog uslova da sistem bude budžetski neutralan.

U Švajcarskoj do 2015. godine, u osam kantona implementiran je bonus program, dok dodatnih osam kantona ima implementirane kompletne bonus-malus sisteme (Alberini, et al., 2016). Drugoj grupi pripadaju kantoni Ženeva i Obvalden. Bonus-malus sistem u Ženevi penale nameće samo novim vozilima, dok se penali u Obvalden kantonu primenjuju retroaktivno na sva vozila (Alberini et al., 2016). Sprovedeno istraživanje o efikasnosti ovih sistema (Alberini et al., 2016) pronalazi da način na koji je sistem kreiran umnogome opredeljuje i njegovu uspešnost, budući da uvedeni sistem u Obvalden kantonu ubrzava povlačenje iz upotrebe starih, ekološki veoma nepodobnih vozila, dok su efekti sistema u Ženevi potpuno suprotni.

Irska pripada grupi zemalja u kojima je ekološka komponenta uključena u oba poreza na vozila. Ex-post analiza uticaja jednogodišnje primene novog, na emisija CO₂ zasnovanog poreskog sistema, u Irskoj, koju su sprovedli Rogan et al. (2011) otkriva da je, usled njegove primene, prosečna specifična emisija novih putničkih automobila pala za 13%, prvenstveno zahvaljujući većoj orijentaciji kupaca ka dizel automobilima. Međutim, ovi autori navode i da su uštede u ukupnoj emisiji CO₂, u obimu većem od očekivanog, ostvarene uz znatno niže poreske prihode (Rogan et al. 2011). Pad poreskih prihoda i to prvenstveno zahvaljujući padu prihoda po osnovu jednokratnog poreza, predvideli su i Giblin and McNabola (2009) u svom istraživanju. Saglasno njima i Hennessy & Tol (2011) su procenili da će poreska reforma u Irskoj zbog povećanja tržišnog udela vozila koja koriste dizel kao pogonsko gorivo, sa 25% na 58%, dovesti i do pada poreskih prihoda, pre svega zbog pada prihoda po osnovu registracionog poreza, a postepeno, tokom godina i usled pada prihoda po osnovu periodičnog poreza. Fu & Kelly (2012) su, takođe, uočili da će novi porezi dovesti do promene strukture voznog parka u Irskoj usled povećanja udela dizel vozila, ali istovremeno upozoravaju i na negativan efekat ovih promena koji se ogleda u povećanju emisije NO_x i čestica čađi. Osim toga, Fu & Kelly (2012) apostrofiraju i da se u poređenju sa izolovanom primenom samo jedne mere, veće smanjenje emisije CO₂ postiže kombinovanom primenom poreza na vozilo i poreza na gorivo. Do zaključka da novouvedene poreske mere u vezi sa putničkim automobilima i veća orijentacija kupaca na putničke automobile koji koriste dizel kao pogonsko gorivo mogu da imaju loš uticaj na emisiju drugih zagađivača došli su i Leinert et al. (2013) koji su procenili da će primena na emisiji CO₂ zasnovanih poreskih mera u Irskoj, do 2020. godine, dovesti do pada emisije NO_x, s tom razlikom što bi ovaj pad bio za čak 28% veći u scenariju bez primene ovih poreza.

Među zemljama koje godišnji porez koriste kao podsticajni instrument za preusmeravanje ka energetski efikasnijim vozilima su i Švedska i Nemačka. Specifičnost godišnjeg poreza koji postoji u Švedskoj i Nemačkoj, jeste da se za putničke automobile koji podležu ovom porezu, iznad određenog nivoa emisije, on linearno povećava sa svakim dodatnim gramom emisije CO₂ (ACEA, 2017).

Osim zemalja u kojima je praksa da se porezi na putničke automobile zasnivaju, u potpunosti ili delimično, na emisiji CO₂ postoje evropske zemlje koje koriste i neke druge ekološke kriterijume za diferenciranje ovih poreza. Specifičnost oporezivanja vozila u Danskoj se ogleda u tome što se kao referentna veličina ne koristi emisija CO₂, već potrošnja goriva (ACEA, 2017). Mabit (2014) otkriva da su poreska reforma i sam porast cena goriva u Danskoj imali uticaj na izbor energetski efikasnijih vozila, ali saglasno prethodno navedenim istraživanjima i on sugerise da je daleko najveći uticaj na povećanje energetske efikasnosti vozila ostvareno zahvaljujući tehnološkim inovacijama.

Pored istraživanja koja akcenat stavljaju na efekte poreza na putničke automobile zasnovane na emisiji CO₂ u jednoj zemlji, u literaturi je moguće pronaći i istraživanja koja ispituju efekte ovih poreza u više zemalja, što je, takođe, veoma značajno imajući u vidu da se radi o emisiji sa globalnim posledicama. Saglasno prethodno navedenim istraživanjima i ova istraživanja ukazuju da ekološki motivisani porezi na putničke automobile imaju

značajnu ulogu, ali i da se, osim kroz tehnološke inovacije, najbolji rezultati u ostvarivanju zacrtanih ekoloških ciljeva ostvaruju integriranom primenom različitih fiskalnih i regulatornih mera (Gerlagh et al., 2014; Yang et al., 2017).

4. ZAKLJUČAK

Oporezivanje putničkih automobila u funkciji rešavanja ekoloških problema u velikom broju evropskih zemalja uveliko je već na snazi. Analizirajući i poredeći različite načine oporezivanja putničkih automobila u evropskim zemljama zaključuje se da ne postoji jedno idealno rešenje koje bi sa istim stepenom uspešnosti moglo biti implementirano od strane različitih zemalja. Takođe, dosadašnja istraživanja efekata uvedenih poreza zasnovanih na emisiji CO₂ jasno ukazuju na opravdanost primene ekološki motivisanih registracionih i godišnjih poreza, a naglašavaju i značaj poreza u vezi sa službenim vozilom u rešavanju ekoloških problema. Pored toga, jasno je i da, ekonomski instrumenti uopšte, pa tako i na emisiji CO₂ zasnovani poreski podsticaji u vezi sa nabavkom i vlasništvom nad vozilom, nisu sami po sebi dovoljni za postizanje održivog razvoja drumskog saobraćaja, ali da i te kako mogu da doprinesu tome. Naime, uočeno je da su u zemljama koje su ih implementirale oni doveli do promene strukture voznog parka podstičući vozače da kupuju energetske efikasnija vozila, što je između ostalog dovelo i do povećanja udela automobila koji koriste dizel gorivo. Da pozitivni efekti ovih poreza ne bi bili anulirani povećanim brojem pređenih auto-kilometara zbog nižih varijabilnih troškova po 1km, potrebno ih je na odgovarajući način upotpuniti sa porezima na gorivo putem kojih se utiče na upotrebu automobila. Imajući u vidu da su u Evropi porezi na gorivo već izuzetno visoki i time manje politički atraktivni, način obračuna poreza na vozilo, zasnovanog na emisiji CO₂ i iskustva drugih zemalja u njihovoj primeni time još više dobijaju na značaju.

Iskustva evropskih zemalja pokazuju i da je izrazito teško odmah, u prvom koraku, odrediti nivo poreza koji će dovesti do manje emisije CO₂, ali koji neće imati negativne efekte po poreske prihode, zbog čega se zahteva njihovo konstantno preispitivanje i korigovanje. Zemlje sa velikim budžetskim deficitom, kao i one u kojima su ovi porezi značajni izvori državnih prihoda verovatno neće biti u mogućnosti da se, poput Holandije, svesno odreknu dobrog dela tih prihoda i krenu sa oštrijom politikom oporezivanja automobila lošijih ekoloških performansi, koja bi u relativno kratkom roku dovela do promene ponašanja kupaca, povećanja udela putničkih automobila niske emisije i posledično do značajnog pada poreskih prihoda po ovom osnovu. Takođe, kada je reč o porezima u vezi sa nabavkom vozila, ne treba smetnuti s uma i da previsoka poreska opterećenja mogu odvratiti vozače od kupovne novih vozila i time dovesti do kasnijeg povlačenja iz upotrebe starih, ekološki veoma nepodobnih vozila. Slična opasnost pretili i u slučaju implementiranja bonus-malus sistema, gde ne postoji retroaktivna primena penala na sva vozila, već se penalima opterećuju samo novi putnički automobili visoke emisije. S druge strane, loša procena i uvođenje previsokih bonusa za nabavku energetski efikasnijih vozila za posledicu može imati i povećani vozni park, što pretili da anulira pozitivne efekte primene ovih poreza na smanjenje emisije CO₂.

S obzirom da dobijaju i empirijsku potvrdu opravdanosti primene za očekivati je da će vremenom i ostale evropske zemlje uvesti ovu vrstu poreskih podsticaja. Iz ekoloških razloga, ali i u cilju smanjenja energetske zavisnosti, trenutno je najbolje nastaviti sa praksom da se vozila na alternativni pogon, odnosno alternativna goriva, u potpunosti oslobađaju ovih poreza ili da se na njih primenjuju znatno niža poreska opterećenja. U kreiranju novih poreza na vozila potrebno je, takođe, ispitati i da li je kod oporezivanja putničkih automobila zasnovanog na emisiji CO₂ kao jedinoj ekološkoj komponenti, opravdano napraviti razliku između putničkih automobila koji imaju isti nivo emisije CO₂ (g/km), ali koriste različita pogonska goriva, tj. benzin ili dizel gorivo. Razlog za pravljenje razlike, opšte prirode, jeste veća emisija NO_x i veća emisija CO₂ tokom životnog ciklusa dizel vozila (Transport and Environment, 2014a). Drugi razlog uslovljen je nivoom akciza na ova pogonska goriva. Prilikom kreiranja ovih poreza bilo bi dobro, uzeti u razmatranje i mogućnost da se kao u nekim zemljama pored emisije CO₂ kao referentna veličina uvrsti, pre svega, i emisija NO_x, a možda čak i emisija nekih drugih zagađujućih materija. U ostvarivanju zacrtanih ciljeva vezanih za povećanje energetske efikasnosti i smanjenje emisije štetnih gasova posebnu pažnju treba obratiti i na činjenicu da između emisije CO₂ pri homologaciji automobila i stvarne emisije CO₂ automobila u realnim uslovima postoji razlika koja se u poslednje vreme sve više povećava. Saglasno Tietge et al. (2016) ova razlika se sa 9%, koliko je iznosila u 2001. godini, popela na čak 42% u 2015. godini.

Literatura

- [1] European Commission, DG Climate Action. (n.d.). *Road transport: Reducing CO₂ emissions from vehicles*. Dostupno preko: http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm (15.04.2016)

- [2] ACEA (2017). *CO₂ based motor vehicle taxes in the EU*. European Automobile Manufacturers Association. Dostupno preko: http://www.acea.be/uploads/publications/CO2_tax_overview_2017.pdf. (05.06.2017)
- [3] Mickūnaitis, V., Pikūnas, A., & Mackoīt, I. (2007). Reducing fuel consumption and CO₂ emission in motor cars. *Transport*, 22(3), 160-163.
- [4] Ryan, L., Ferreira, S., & Convery, F., (2009). The impact of fiscal and other measures on new passenger car sales and CO₂ emissions intensity: Evidence from Europe. *Energy Economics* 31 (3), 365–374.
- [5] Brand, C., Anable, J., & Tran, M. (2013). Accelerating the transformation to a low carbon passenger transport system: The role of car purchase taxes, feebates, road taxes and scrappage incentives in the UK. *Transportation Research Part A*, 49, 132–148.
- [6] Kok, R. (2015). Six years of CO₂-based tax incentives for new passenger cars in The Netherlands: Impacts on purchasing behavior trends and CO₂ effectiveness. *Transportation Research Part A*, 77, 137–153.
- [7] Transport and Environment. (2014a). *CO₂ emissions from new cars in Europe: Country ranking: How national car tax systems helped boost sales of lower-carbon cars across Europe in 2013*. Brussels: European Federation for Transport and Environment (T&E).
- [8] Fridstrøm L, & Alfsen K.H. (Eds.). (2014). *Summary: Norway's path to sustainable transport*. TØI Report 1321/2014, Norwegian Centre for Transport Research. Institute of Transport Economics, Oslo. Dostupno preko: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=36658> (21.11.2016)
- [9] Transport and Environment. (2014b). *Electric Vehicles in 2013: A Progress Report*. Project lead Archer, Greg. Transport and Environment (T&E). Dostupno preko: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Electric%20Vehicles%20in%202013_full%20report_final_final.pdf (21.07.2017)
- [10] Ciccone, A. (2015). *Environmental effects of a vehicle tax reform: empirical evidence from Norway*. Working Paper 09/2014, Updated version February 2015, Oslo, CREE - Oslo Centre for Research on Environmentally friendly Energy. Dostupno preko: http://www.cree.uio.no/publications/2014_9/Evidence_from_Norway_Ciccone_CREE_WP09_2014.pdf (05.12.2016)
- [11] Kloess, M., Müller, A. (2012). Simulating the impact of policy, energy prices and technological progress on the passenger car fleet in Austria—A model based analysis 2010–2050. *Energy Policy*, 39, 5045-5062.
- [12] D'Haultfœuille, X., Givord, P., & Boutin, X. (2014). The Environmental Effect of Green Taxation: The Case of the French Bonus/Malus. *The Economic Journal*, 124 (August), F444–F480.
- [13] Alberini, A., Bareit, M., Filippini, M. & Martinez-Cruz, A.L. (September, 2016). *The Impact of Emissions-Based Taxes on the Retirement of Used and Inefficient Vehicles: The Case of Switzerland*. Working Paper 16/257. Economics Working Paper Series. Zürich, CER-ETH – Center of Economic Research at ETH Zurich.
- [14] Rogan, F., Dennehy, E., Daly, H., Howley, M., & Ó Gallachóir, B.P. (2011). Impacts of an emission based private car taxation policy - First year ex-post analysis. *Transportation Research Part A*, 45(7), 583–597.
- [15] Giblin, S. & McNabola, A. (2009) Modelling the impacts of a carbon emission-differentiated vehicle tax system on CO₂ emissions intensity from new vehicle purchases in Ireland, *Energy Policy*, 37, 1404–1411.
- [16] Hennessy, H., Tol, R.S.J. (2011). The impact of tax reform on new car purchases in Ireland. *Energy Policy* 39 (11), 7059–7067.
- [17] Fu, M. & Kelly, J.A. (2012) Carbon related taxation policies for road transport: Efficacy of ownership and usage taxes, and the role of public transport and motorist cost perception on policy outcomes. *Transport Policy*, 22, 57–69.
- [18] Leinert, S., Daly, H., Hyde, B., & Ó Gallachóir, B. (2013). Co-benefits? Not always: Quantifying the negative effect of a CO₂-reducing car taxation policy on NO_x emissions. *Energy Policy*, 63, 1151-1159.
- [19] Mabit, S. L. (2014). Vehicle type choice under the influence of a tax reform and rising fuel prices. *Transportation Research Part A*, 64 (2014), 32-42.
- [20] Gerlagh, R., van den Bijgaart, I., Nijland, H., & Michielsen, T. (2016). Fiscal Policy and CO₂ Emissions of New Passenger Cars in the EU. *Environmental and Resource Economics*, 1-32. doi: 10.1007/s10640-016-0067-6.
- [21] Yang, Z., Mock, P., German, J., Bandivadekar, A. & Lah, O. (2017). On a pathway to de-carbonization – A comparison of new passenger car CO₂ emission standards and taxation measures in the G20 countries. *Transportation Research Part D*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.022>.
- [22] Tietge, U., Díaz, S., Mock, P., German, J., Bandivadekar, A., Ligterink, N., (2016). *From Laboratory to Road: A 2016 Update of Official and "Real-World" Fuel Consumption and CO₂ Values for Passenger Cars in Europe*. ICCT White paper. International Council on Clean Transportation, Berlin.

ENERGETSKI EFIKASNE PASIVNE OPTIČKE MREŽE KAO PODRŠKA INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SISTEMIMA

Aleksandra Kostić-Ljubisavljević¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, a.kostic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Pasivne optičke mreže, PON (Passive Optical Networks) se smatraju najpogodnijim rešenjem za optički pristup do krajnjeg korisnika. Osim što obezbeđuju veliki propusni opseg, pouzdanost, malo slabljenje i sl., imaju dobre predispozicije i u pogledu potrošnje energije i ekonomičnosti instalacije i eksploatacije. Kao najzastupljenije javljaju se EPON (Ethernet PON) i GPON (Gigabit PON) koje su prihvaćene kao standard za razvoj pasivnih optičkih mreža. Međutim, neprestana potreba za sve većim propusnim opsegom i povećanjem dometa mreže, dovela je do razvoja i naprednijih verzija PON sistema kao što su XG-PON (10 Gigabit-capable PON), 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON), WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing PON), TWDM-PON (Time-Wavelength Division Multiplexing PON). Integracija optičkih mreža u infrastrukturu transportnih sistema stvara veći potencijal razvoju novih strategija za rešavanje izazova u smanjenju zagušenja, osiguranju bezbednosti, energetske efikasnosti, očuvanju životne sredine i zadovoljstvu korisnika. U radu će biti dat prikaz pasivnih optičkih mreža kao esencijalne infrastrukturne podrške prenosu rastuće količine informacija generisane od strane inteligentnih transportnih sistema (ITS), i to posebno sa aspekta energetske efikasnosti.

Ključne reči: Inteligentni transportni sistemi, energetska efikasnost, pasivne optičke mreže

ENERGY EFFICIENT PASSIVE OPTICAL NETWORKS AS INTELIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS SUPPORT

Aleksandra Kostić-Ljubisavljević

¹ Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, a.kostic@sf.bg.ac.rs

Abstract: Passive optical network, PON (Passive Optical Networks) are considered the most suitable solution for optical access to the end user. In addition to providing high bandwidth, reliability, low attenuation, etc., PON are well positioned in terms of energy consumption and cost of installation and operation. As the most common appear EPON (Ethernet PON) and GPON (Gigabit PON) which are accepted as the standard for the development of passive optical networks. However, the constant demand for more bandwidth and an increase in range of the network, has led to the development of more advanced versions of the PON system such as XG-PON (10 Gigabit-capable PON), 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON), WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing PON), TWDM-PON (Time-Division Multiplexing Wavelength PON). Integration of optical network in transportation system infrastructure, creates a greater potential to develop new strategies to address the challenges in reducing congestion, ensuring security, energy efficiency, environmental protection and customer satisfaction. In this paper a preview of passive optical networks as essential infrastructure support for the transfer of the growing amount of information generated by intelligent transport systems (ITS), especially in terms of energy efficiency will be given.

Keywords: Intelligent Transportation systems, Energy efficiency, Passive Optical Networks

1. UVOD

Inteligentni transportni sistemi (ITS) predstavljaju obećavajuće rešenje za poboljšanje bezbednosti, efikasnosti i održivosti transportnih sistema širokom primenom informaciono – komunikacionih tehnologija (ICT). Ne iznenađuje činjenica da se poslednjih decenija ITS-om ozbiljno bave naučno-istraživačke organizacije, automobilske kompanije, organizacije za standardizaciju i državne uprave širom sveta [1], [2]. Da bi se kreirao ekonomski održiv i energetski efikasan ITS ekosistem, sproveden je niz projekata od strane brojnih institucija. Neki od primera su *Advanced Safety Vehicle (ASV)* program u Japanu [3], *The Intelligent Transportations Systems Joint Program Office (ITS JPO)* projekat u SAD [4], i brojni projekti u Evropi koje koordiniše *Car 2 Car Communications Consortium (C2C-CC)* [5], i izuzetno podržavaju Evropska Komisija [6] i Evropski institut za standardizaciju u telekomunikacijama, *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* [7]. Na tržištu Inteligentni transportni sistemi beleže značajne uspehe za koje su zaslužni

¹ Aleksandra Kostić-Ljubisavljević: a.kostic@sf.bg.ac.rs

proizvođači vozila (upotrebom aktivnih bezbednosnih sistema), operatori naplate putarina (korišćenjem elektronskih sistema naplate putarina), osiguravajuće kompanije (primenama crnih kutija), Internet kompanije (sa sveprisutnim saobraćajnim informacionim sistemima) i drugi. Međutim, ono što je problem kod trenutnih ITS je njihova relativna "zatvorenost" hardvera, softvera i komunikacionih tehnologija, odnosno nemogućnost razmene podataka i međusobne saradnje. Najveći izazov u narednim godinama će stoga biti razvoj Kooperativnih ITS (C-ITS), kod kojih će biti omogućena distribucija relevantnih informacija svim ITS aplikacijama bez obzira ko ih je razvio i kome su namenjene. Standardizacija, na kojoj se intenzivno radi poslednjih godina, u toj oblasti može doprineti objedinjavanju aktivnosti i odluka vezanih za bezbednost, održivost i efikasnost i van granica prethodnih pojedinačnih Inteligentnih transportnih sistema. Da bi se obezbedila kooperacija segmenata ITS-a neophodno je postojanje adekvatnog telekomunikacionog sistema koji će biti ključna podrška infrastrukturi, i koji ispunjava zahteve za obezbeđenjem neophodnog protoka, minimalnim kašnjenjem, velikom pouzdanošću i sl. Telekomunikacioni sistem koji može da ispuni takve zahteve je sistem zasnovan na optičkim komunikacionim tehnologijama, koji zahvaljujući svojim brojnim prednostima ima sve veću primenu u obezbeđivanju korišćenja zahtevnih servisa.

Jasno je da, bez obzira na unapređenja primene samih ITS, potrebno je posebno obratiti pažnju na primenu energetski efikasnih segmenata koji čine njihov sastavni deo. Sama energetska efikasnost je pojam koji predstavlja racionalno ili smisljeno korišćenje energije. Već je predmet mnogih razmatranja, ali će u budućnosti biti zastupljenija i zauzimaće sve značajnije mesto. Aktualnosti pojma posebno doprinose problemi koji dolaze sa ugroženošću životne sredine. Osim toga, ne sme se zanemariti ni ekonomski aspekt energetske efikasnosti.

U ovom radu se razmatra energetska efikasnost telekomunikacionog segmenta inteligentnih transportnih sistema, i kao jedno od optimalnih rešenja se predlaže primena pasivnih optičkih mreža kao podrške infrastrukturi ITS-a. Rad je koncipiran na sledeći način. Nakon uvodnog dela, u drugom delu rada je dat kratak prikaz jedne od klasifikacija ITS servisa i njihovih zahteva koji su usmereni na telekomunikacione sisteme. U trećem delu rada je detaljnije analiziran pojam energetske efikasnosti u telekomunikacionom sektoru. Četvrti deo rada se odnosi na kratak prikaz karakteristika optičkih mreža koje ih svrastavaju u pogodne za primenu u ITS-u. Sledeći deo rada se odnosi na prikaz osnovnih karakteristika pasivnih optičkih mreža i nekih od mera za poboljšanje njihove energetske efikasnosti. Na kraju rada su data zaključna razmatranja.

2. PREGLED KARAKTERISTIKA NEKIH OD SERVISA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SISTEMA

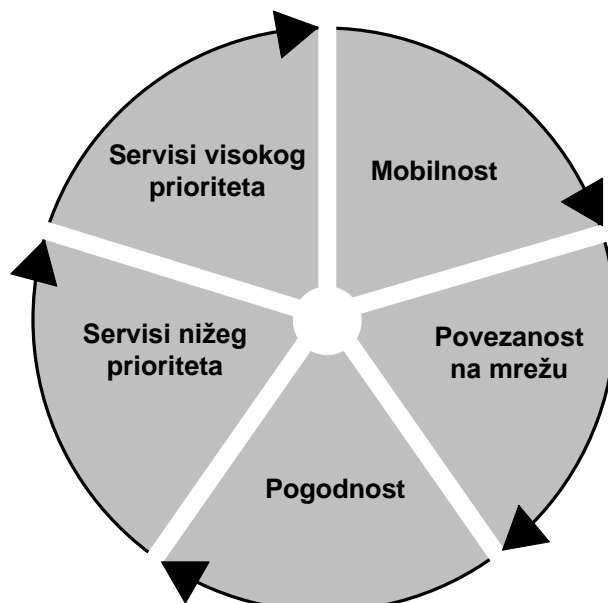
Sa povećanjem stepena integrisanosti vozila u Inteligentne transportne sisteme drastično se menja pogled na taj koncept što dovodi do formiranja potpuno novog ekosistema servisa/aplikacija u kome se čak i postojećim servisima značajno unapređuje efikasnost [8]. Novi servisi, posebno u domenu bezbednosti i efikasnosti saobraćaja, su glavni pokretači razvoja novih sistema. Ovi servisi moraju da se nose sa novim izazovima koje nameću velike brzine kretanja vozila i dinamično radno okruženje, što za posledicu ima generisanje zahteva za visokim protocima i malim kašnjenjem telekomunikacionih segmenata ITS-a.

Kao što se može videti sa Slike 1, ITS servisi se mogu klasifikovati u 3 kategorije koje su usmerene na tri primarne strane: bezbednost, efikasnost i uslužnost [2]. Zbog svoje prirode, bezbednosni servisi treba da budu obezbeđeni upotrebom posebne, izuzetno pouzdane opreme, dok ostali servisi (korisnički servisi koji se isporučuju vozilima, uglavnom vezani za povezivanje na Internet i razne pogodnosti za krajnje korisnike) mogu da se obezbede putem različitih elektronskih uređaja kao što su pametni telefoni i/ili uređaji unutar samih vozila. U svakom slučaju, bolja integracija sa vozilom može obezbediti dodatne prednosti. Displeji u vozilu i muzički sistemi mogu obezbediti korisnički interfejs napravljen tako da smanji ometanje vozača.

Bezbednosni servisi visokog prioriteta (*hard safety applications*) su predviđeni za pomoć u izbegavanju neposrednih sudara i minimiziranje štete onda kada je sudar neizbežan. Ove aplikacije nameću vrlo striktno zahteve komunikacionim sistemima. Kašnjenje u prenosu treba da bude minimizirano tako da se vozaču obezbedi dovoljno vremena da preduzme potrebne aktivnosti reakcije na potencijalnu opasnost. Dopustive vrednosti kašnjenja treba da budu manje od 100 ms [9]. Takođe, komunikacioni sistem treba da bude izuzetnog stepena pouzdanosti da bi bio obezbeđen pravovremeni prenos relevantnih informacija.

Osim servisa visokog prioriteta, postoji i podskup bezbednosnih servisa sa manje vremenski-kritičnim zahtevima, koje se mogu nazvati bezbednosni servisi nižeg prioriteta (*soft safety applications*). Važno je napraviti razliku između ove dve kategorije servisa zato što oni imaju značajno drugačije zahteve prema

telekomunikacionom segmentu koji ih podržava. Bezbednosni servisi nižeg prioriteta najčešće mogu biti tolerantni na kašnjenje u prenosu reda sekunde, ili čak i duže, što je značajno veće u odnosu na ono kod servisa visokog prioriteta. Oni takođe imaju i manje zahteve sa aspekta pouzdanosti. Što je više vremena dostupno za isporuku poruka to je jednostavnije korisnicima da prime dovoljan broj poruka preko manje pouzdanih komunikacionih kanala. Osim toga, nemogućnost prijema bezbednosnih poruka nižeg prioriteta uzrokuje manje ozbiljne konsekvence nego nemogućnost prijema poruka vezanih za bezbednosne servise višeg prioriteta. Ovi servisi povećavaju bezbednost vozača, ali ne zahtevaju njegovu momentalnu reakciju, zato što ne postoji neposredna opasnost. Primeri takvih servisa su upozorenja vozačima o vremenskim uslovima na putu, zaleđenim putevima, zonama radova, smanjenoj vidljivosti, oštećenjima puta i zagušenjima u saobraćaju. Tipične aktivnosti reagovanja na upozorenja koja generišu servisi nižeg prioriteta bi se odnosile na nastavak vožnje ali sa dodatnom oprežnošću ili eventualnu promenu rute da bi se izbegle vanredne okolnosti na saobraćajnici za koje je izdato upozorenje.



Slika 1. Jedna od klasifikacija ITS servisa

Servisi koji se odnose na efikasnost su fokusirani na poboljšanje toka saobraćaja. Neki od primera mogu biti navigacija, saobraćajni informacioni servisi, pomoć u saobraćaju, koordinacija saobraćaja i sl.

Osim ovih kategorija ITS servisa, postoje i opšti servisi kojima je osnovna svrha da učine vožnju prijatnijom i da obezbede razne pogodnosti kako za vozača tako i za putnike. Primeri za to su razne notifikacije vezane za objekte od interesa (*Point-of-Interest*), prijem i slanje elektronske pošte, korišćenje društvenih mreža, preuzimanje različitih zabavnih sadržaja, ažuriranja aplikacija koje su već instalirane na korisničkim uređajima i sl. Svi ovi navedeni servisi mogu tolerisati veća kašnjenja u prenosu, međutim, često mogu zahtevati velike bitske protoke. Primeri nekih od aplikacija, kao i njihovi zahtevi vezani za komunikacioni segment su dati u Tabeli 1.

Detaljnijim uvidom u podatke prikazane u Tabeli 1 može se uočiti da je za sve servise koji su bazirani na komunikaciji vozilo-vozilo (V2V) neophodna neka od bežičnih tehnologija prenosa informacija između vozila. Takođe, to isto vazi i za servise koji se baziraju na komunikaciji infrastruktura-vozilo (I2V) i/ili obrnuto (V2I). Međutim, za pravovremen i pouzdan prenos informacija u samom infrastrukturnom delu ovih sistema, odnosno za prenos informacija ka i od kontrolnih centara (i pripadajućih službi) nameću se optičke mreže.

Osim za navedene servise, adekvatna telekomunikaciona infrastruktura je izuzetno važna kao podrška za video nadzor saobraćajnica, za koji se u budućnosti predviđa još veća ekspanzija, naročito HD kvaliteta. Neke od namena video nadzora su kontrola brzine, očitavanje registarskih tablica, kontrola naplate putarina i sl [10], [11], [12], [13]. U zavisnosti od konkretne namene, primenjena oprema može imati različite zahteve za komunikacioni sistem, što prvenstveno zavisi od zahtevanog kvaliteta slike. Zahtevani kvalitet slike direktno utiče na obezbeđenje neophodnog bitskog protoka komunikacionog sistema. I za prenos video signala različitih kvaliteta slike u okviru brojnih današnjih, a i budućih, inteligentnih transportnih sistema, su se nametnuli optički komunikacioni sistemi kao pouzdano, cenovno prihvatljivo i energetski efikasno rešenje.

Tabela 1. Pregled nekih od bezbednosnih servisa visokog prioriteta

Servis	Maksimalan domet (m)	Učestanost generisanja poruka (Hz)	Maksimalno kašnjenje (ms)	Dužina poruke (bit)	Tip komunikacije
Upozorenje o nepoštovanju signalizacije	250	10	100	528	I2V
Upozorenje o smanjenju brzine usled krivine	200	1	1000	235	I2V
Upozorenje pri naglom kočenju	300	10	100	288	V2V
Predviđanje sudara	50	-	20	435	V2V
Upozorenje o čeonom sudaru	150	10	100	419	V2V
Asistencija pri skretanju ulevo	300	10	100	904 208	I2V i V2V
Upozorenje pri promeni saobraćajnih traka	150	10	100	288	V2V
Asistencija za vožnju nakon zaustavljanja	300	10	100	208 416	I2V i V2V

3. POJAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIH SISTEMA

Kako se pod pojmom energetska efikasnost često smatra smanjenje potrošnje energije, prve asocijacije su često vezane za odricanje od korišćenja uređaja i/ili servisa koji troše neki vid energije. Međutim, treba naglasiti da efikasna upotreba energije direktno vodi ka povećanju kvaliteta života, konkurentnosti privrede i energetske bezbednosti. Pojam energetska efikasnost ima dva moguća značenja: jedno se odnosi na tehničke uređaje, dok se drugo odnosi na određene mere i ponašanja. Za uređaje se kaže da su energetski efikasni ako imaju visok stepen korisnog dejstva tj. male gubitke prilikom transformacije jednog oblika energije u drugi. Kada se posmatraju određene mere i ponašanja misli se na sve one postupke koji se primenjuju kako bi se potrošnja energije svela na minimum, a da se pri tome ne naruše uslovi rada i života. Iz svega ovoga se može zaključiti da energetska efikasnost, uopšteno govoreći, podrazumeva korišćenje manje energije da bi se obavio isti zadatak, sve sa ciljem postizanja sledećih benefita: uštede u finansijskom smislu (smanjenje zavisnosti od uvoza energije i drastičnih promena cena energenata); očuvanje životne sredine (efikasnije korišćenje energije u najvećoj meri ima neposredno dejstvo i najjeftiniji je način snižavanja emisije ugljen-dioksida i prevencije rapidnih klimatskih promena); produžen životni vek uređaja...

Udeo ICT sektora u ukupnoj potrošnji električne energije na svetskom nivou je oko 10%. Ako se sektor telekomunikacija bude razvijao prema postojećoj dinamici, predviđanja su, da bi do 2020. godine udeo ICT sektora u ukupnoj potrošnji električne energije u Evropskoj uniji mogao iznositi preko 20%. U proseku oko 13% električne energije se utroši u kancelarijama i maloprodaji (npr. *call-centri*, prodavnice...), 11% u *Data centrima* i preostalih 76% se utroši na funcionisanje mreže [14]. Posmatrajući procenat potrošnje električne energije u telekomunikacionim mrežama i uzimajući u obzir da čine veoma bitan deo ICT tehnologija jasno je da privlače pažnju i potrebno je posebno pratiti trend potrošnje u ovom delu. U prilog tome govori i podatak da se ukupna svetska potrošnja električne energije u komunikacionim mrežama povećala sa 219 TWh godišnje u 2007. godini na 354 TWh godišnje u 2012. godini. To odgovara godišnjoj stopi rasta od 10.1%. Ako se to uporedi sa ukupnom svetskom potrošnjom električne energije vidi se da udeo mreža postepeno zauzima sve značajnije mesto.

U zavisnosti od izbora tehnologije, procenjuje se da oprema u pristupnom delu mreže troši u proseku 5 puta manje energije nego uređaji u transportnom delu, a skoro 9 puta manje nego uređaji u jezgru mreže. Međutim, broj uređaja u pristupnoj mreži predstavlja 94% ukupnog broja uređaja u okviru celokupne mreže [15]. Kombinacija ova dva faktora ukazuje da je prosečno oko 70% ukupne potrošnje u mrežama za pristup, a preostalih 30% je u okviru jezgra i transportnih nivoa [16]. Konsekventno tome, analiza u domenu pristupnih mreža čini se relevantnijom. Osim toga, u segmentu pristupnih mreža postoje znatne razlike u tehnologijama za pristup koje se koriste, dok su jezgro i transportni delovi mreže sve sličniji ili funkcionišu u okviru nekoliko tehnologija.

4. OPTIČKE MREŽE KAO PODRŠKA INFRASTRUKTURI ITS-A

Optičke mreže predstavljaju telekomunikacione mreže u kojima se informacije prenose optičkim putem i koje uglavnom kao medijum prenosa koriste optička vlakna. Nastale su iz potrebe da se obezbede veći kapaciteti linkova pošto veličina aplikacija i telekomunikacionih servisa koji se pružaju krajnjim korisnicima, kao i količina podataka koja se razmenjuje kroz mrežu su u stalnom porastu. Njihov razvoj je tekao veoma brzo nakon pojave prvih optičkih vlakana sa malim gubicima. Velika propusna moć optičkog vlakna, malo slabljenje, nizak stepen greške bita (*Bit Error Rate – BER*) i niska cena eksploatacije omogućilo je brzi i nagli razvoj širokopoljnih usluga i servisa. Povećanje brzine prenosa je postignuto multipleksiranjem optičkog signala. Multipleksiranje je važan deo komunikacionog sistema, koji omogućava zajedničko korišćenje ograničenih resursa. Osnovna ideja ovih tehnika je podela zajedničkog resursa na više manjih delova koji se mogu koristiti paralelno zarad ispunjenja određenih zadataka. Na taj način dolazi do povećanja kapaciteta resursa bez proširenja. Na Slici 2 je prikazana funkcija multipleksiranja u svojoj najjednostavnijoj formi. Multiplekser se sastoji od n ulaza, gde se ulazi kombinuju tako da se mogu razdvojiti u uređaju koji radi inverzni proces, demultiplekseru.



Slika 2. Multipleksiranje u optičkim mrežama

Tehnologija vremenskog multipleksiranja, koja je nastala krajem devedesetih godina 20. veka, omogućila je da se kapacitet optičkog vlakna podeli u komunikacione kanale, ali zbog sve većih protoka ova tehnologija je bila ograničena problemom brzine elektronske opreme za modulaciju kao i opreme za multipleksiranje. Ubrzo je razvijena tehnologija multipleksiranja po talasnim dužinama koja je omogućila veoma male razmake između talasnih dužina, pri čemu je svaka talasna dužina predstavljala jedan kanal unutar vlakna. Na taj način omogućen je prenos čak i do 160 kanala na različitim talasnim dužinama kroz optičko vlakno. Tehnologija prenosa koja se zasniva na gustom talasnom multipleksiranju (DWDM - *Dense Wavelength Division Multiplexing*), koja je zabeležila eksponencijalni rast mrežnog saobraćaja u protekloj deceniji, dostigla je kapacitet čak i do više Tb/s po jednom vlaknu, ali to nije dovoljno da se podrže budući saobraćajni zahtevi sa kapacitetom preko 10 Tb/s. Kapacitet mreže, potrošnja energije, kao i opšta ekonomska isplativost vrše pritisak na telekomunikacionu industriju da istraži nove tehnologije i arhitekture mreže u cilju prevazilaženja očekivanih kapaciteta vlakna. Nedavno, istraživači su predložili novu optičku tehnologiju koja se zove fleksibilno umrežavanje, u kojima svaki link za prenos podataka koristi fleksibilni propusni opseg i različite modulacione formate. Fleksibilnost u spektru i raspodeli propusnog opsega, zajedno sa promenljivim modulacionim formatima omogućavaju optimizaciju korišćenja mrežnih resursa u skladu sa zahtevima za potražnjom saobraćaja i uslovima linka. Optimizacija mrežnih resursa obuhvata spektralni, prostorni i vremenski domen kao i efikasne i efektivne algoritme za optimalno izdvajanje raspoloživih resursa.

Optičke mreže se, osim prema primenjenoj tehnici multipleksiranja, mogu klasifikovati i prema oblasti koju pokrivaju na transportne, metro i mreže za pristup [17]. Potreba za optičkim sistemima u mrežama za pristup je sve naglašenija zbog potrebe za sve većim propusnim opsegom (i za *upstream* i za *downstream*) neophodnim za obezbeđenje sve većeg broja zahtevnih servisa. Sa porastom broja servisa na tržištu, kao i njihovim zahtevima u vezi propusnog opsega, operatori su primorani da investiraju u mrežu i opremu na mreži. Sa stanovišta ekonomije, cena mreže i terminalnih uređaja određuje trenutni optimum koji migrira ka optičkim sistemima do korisnika. Kako mreže za pristup i dalje predstavljaju usko grlo, postoje stalni zahtevi za njihovim unapređenjem. Optičke mreže za pristup predstavljaju sve atraktivnije rešenje. Primena različitih optičkih pristupnih tehnologija i njihovih kombinacija pruža širok spektar mogućnosti u pogledu performansi, kvaliteta servisa, potrošnje energije.

Ovde se može napraviti nekoliko bazičnih razlika. U zavisnosti od načina polaganja optičkog vlakana i od toga šta se njim povezuje, razlikuju se konfiguracije tačka - tačka (*Point-to-Point - PtP*) i tačka - više tačaka (*Point-to-Multipoint - PtMP*). U zavisnosti od toga da li u optičkoj distributivnoj mreži postoje i aktivne komponente (koje zahtevaju napajanje, održavanje...) ili samo pasivne komponente, razlikuju se aktivne

optičke mreže i pasivne optičke mreže. Zbog značajne energetske efikasnosti pasivne optičke mreže sve više dobijaju na značaju i biće detaljnije prikazana dealje u radu.

5. PASIVNE OPTIČKE MREŽE I NEKI OD NAČINA ZA POVEĆANJE NJIHOVE ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Pasivne optičke mreže (PON - *Passive Optical Network*) su počele da se razvijaju 80-ih godina prošlog veka, prvobitno kao optičke infrastrukture za telefoniju. PON je danas vodeći izbor za optičke mreže za pristup. Pasivne optičke mreže predstavljaju telekomunikacionu tehnologiju koja se implementira u konfiguraciji tačka-više tačaka. Osnovna prednost ove konfiguracije, u odnosu na konfiguraciju tačka-tačka zasniva se na primeni pasivnih optičkih komponenata - splitera bez napajanja. Zahvaljujući ovim spliterima moguće je da se preko jednog optičkog vlakna opsluži veliki broj krajnjih korisnika, bez potrebe za individualnim vlaknima između centralnog čvorai (*Central Office - CO*) i korisnika. *Central Office* čvorovi predstavljaju tačke izvora signala, ali osim što predstavljaju izvor, ove tačke takođe prikupljaju sve korisničke signale. Dakle, PON tehnologijom se smanjuje potreban broj optičkih vlakana i opreme u poređenju sa tačka-tačka arhitekturama.

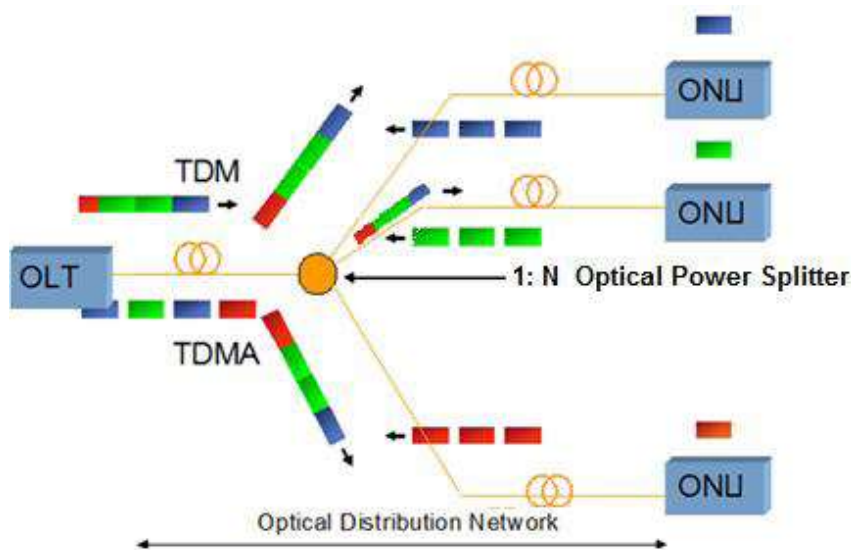
PON mreža se sastoji od optičkih linijskih terminala (*Optical Line Terminal – OLT*) smeštenih u centralnom čvoru (*Central Office – CO*) i skupa optičkih mrežnih jedinica (*Optical Network Unit – ONU*) smeštenih na lokaciji korisnika ili njegovoj neposrednoj blizini. Pod pojmom korisnik može se smatrati rezidencijalni i/ili biznis korisnik (sa svim specifičnostima korišćenja resursa mreže), kao i određeni terminalni čvorovi koji bi u slučaju primene pasivnih optičkih mreža u Inteligentnim transportnim sistemima mogli da budu uređaji za video nadzor, infrastrukturne jedinice (*Road Side Unit –RSU*), terminalna oprema za obezbeđenje pristupa internetu i sl. Lokacija optičke mrežne jedinice određuje tip PON mreže za pristup. Između OLT i ONU nalazi se optička distributivna mreža (*Optical Distribution Network – ODN*) koja se sastoji od optičkih vlakana i pasivnih splitera/kombajnera optičkog snopa. OLT oprema u CO povezuje optičku mrežu za pristup sa metro mrežom. ONU predstavlja interfejs između korisnika i PON mreže. U *downstream* smeru (od centralnog čvora ka korisniku), telekomunikacioni saobraćaj od OLT jedinice se distribuira svim ONU jedinicama, koje zatim, na osnovu određene adrese, vrše njegovo prosljeđivanje koji je njima upućen. U *upstream* smeru (od korisnika ka centralnom čvoru), korišćenje raspoloživih resursa vrši se na način koji je određen vrstom primenjenog multipleksiranja. Kod višestrukog pristupa sa vremenske raspodele, pod kontrolom OLT jedinice je dodela vremenskih slotova za sinhronizovani prenos podataka svih ONU jedinica. Svakom korisniku mreže mogu biti dodeljeni fiksni (statički) ili varijabilni (dinamički) resursi [18].

Kod TDM-PON (*Time Division Multiplexing PON*, pasivne optičke mreže sa vremenskim multipleksiranjem) jedan OLT smešten u lokalnoj centrali je povezan sa brojnim optičkim mrežnim jedinicama preko optičke distributivne mreže, veza je tačka - više tačaka. U ovoj arhitekturi optički kapleri su transparentni i energetski efikasni. Kako se jedan OLT interfejs deli između više ONU, TDM-PON predstavlja energetski najefikasnije rešenje optičkog pristupa trenutno u upotrebi [19]. U zavisnosti od mehanizma koji se koristi pri prenosu podataka optičkim vlaknima, definisano je nekoliko tipova TDM PON, a to su širokopolasne PON (*Broadband Passive Optical Network - BPON*), gigabitne PON (*Gigabit Passive Optical Network - GPON*), Ethernet PON (*Ethernet Passive Optical Network - EPON*) i 10-o gigabitne PON (*10-Gigabit Passive Optical Network - XG PON*). Sve one koriste arhitekturu prikazanu na slici 3.

BPON standard, razvijen je kroz seriju G.983.x preporuka, izdatih od strane ITU-T u periodu od 1998. do 2003 godine. BPON predstavlja proširenje ranijeg APON (ATM PON) standarda, sa ciljem da se standardizuju neki dodatni širokopolasni servisi putem optičkih mreža, koji prethodno nisu bili obuhvaćeni APON standardom (kao što su *high speed* Ethernet, video distribucija i dr.). BPON mreže ostvaruju protoke od 1244 Mbit/s za *downstream* i 622 Mbit/s za *upstream*.

Gigabitna pasivna optička mreža tj. GPON je evolucija BPON standarda, a standardizovana je serijom preporuka ITU-TG.984.X. GPON podržava veće brzine prenosa, povećanu sigurnost i veću efikasnost kod prenosa različitih usluga. Uobičajena brzina u *downstream* smeru je 2.488 Gbit/s, a u *upstream* smeru 1.244 Gbit/s. Jedna od osnovnih karakteristika GPON-a je primena GEM metode enkapsulacije (*GPON 294 Encapsulated Method*), što pruža efikasno pakovanje korisničkih podataka u ramove varijabilnih dužina. Osim enkapsulacije ATM ćelija, GPON podržava Ethernet ramove, kao i TDM slotove. Zahvaljujući segmentaciji rama, GPON omogućava održavanje različitih nivoa kvaliteta servisa (*Quality of Service, QoS*). OLT se sa optičkim razdelnikom povezuje samo preko jednog optičkog vlakna. Optički razdelnik je pasivni uređaj koji ima jedan ulaz i više izlaza (najčešće 32 ili 64). Od optičkog razdelnika do svakog korisnika dolazi po jedno optičko vlakno. Prenos podataka putem optičkog vlakna od centralnog uređaja do krajnjeg korisnika može se

ostvariti na udaljenostima do 20 km. Kako se za komunikaciju koristi samo jedno optičko vlakno, onda se dolazni i odlazni signali dele po talasnim dužinama, pri čemu se za dolazni smer koristi talasna dužina od 1490 nm, a za odlazni 1310 nm.



Slika 3. Arhitektura TDM Pasivnih optičkih mreža

S druge strane, EPON standard (IEEE 802.3 ah) koji je razvio IEEE i koji se zasniva na Ethernet tehnologiji, pruža simetričan prenos Ethernet ramova brzinom od 1 Gb/s. On je manje efikasan od GPON u smislu upravljanja propusnim opsegom i obezbeđivanja QoS, ali predstavlja ekonomičnije rešenje od GPONa.

Glavne karakteristike navedenih PON standarda su prikazane u Tabeli 2.

Tabela 2. Različiti PON standardi i njihove glavne karakteristike

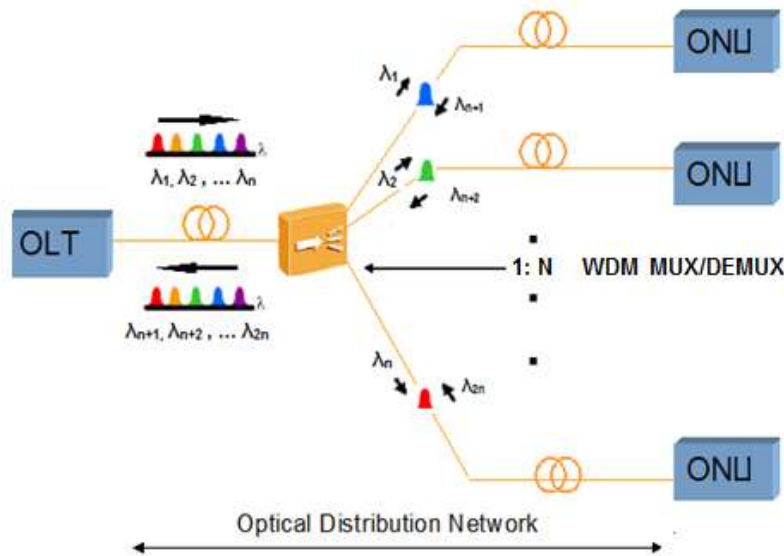
		BPON	GPON	EPON	XGPON
Standard		ITU-T G.983.x	ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.987.x
Binarni protok (Mbit/s)	<i>downstream</i>	155, 622 ili 1244	1244 ili 2488	1000	10Gbit/s
	<i>upstream</i>	155 ili 622	155, 622, 1244, 2488	1000	2,5Gbit/s
Korisnika po PON		32	64	16	64
Binarni protok po korisniku (Mb/s)		20	40	60	max 300
Maksimalan domet (km)		20	20	20	max 60

XG-PON1 ili 10GPON sistemi se, tehnički gledano, posmatraju kao GPON veće brzine, pri čemu X označava rimski broj 10. Kod XG-PON sistema opcije za brzine prenosa u *upstream* smeru (od korisnika) su 2,5 Gbit/s i 10 Gbit/s u zavisnosti od planiranih aplikacija, cene i raspoloživosti potrebnih uređaja/komponenti. U zavisnosti od brzine prenosa u *upstream* smeru XG-PON sistemi se dele na XG-PON1 (asimetrični NGPON1 koji radi na nominalnim brzinama prenosa od 10 Gbit/s za *downstream* i 2,5 Gbit/s za *upstream*) i XG-PON2 (simetrični NG-PON1 koji podržava 10 Gbit/s i u *downstream* i u *upstream* smeru prenosa).

WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexing PON*, PON sa multipleksiranjem signala po talasnim dužinama) nudi najefikasniji način za povećanje kapaciteta, gde se svakom korisniku daje različita talasna dužina. To umanjuje komplikacije koje se javljaju kod vremenskog multipleksiranja, ostvarujući potencijalno visok domet i sigurnost. Međutim, migracija, rasutost/raspored korisnika i statička raspodela resursa su neka

od važnijih pitanja kod WDM-PON. Na slici 4 prikazana je šema jedne WDM-PON mreže. Arhitektura WDM PON mreže je identična arhitekturi EPON i GPON koja je prikazana na Slici 3. s tim što se umesto optičkog splitera koristi multiplekser talasnih dužina.

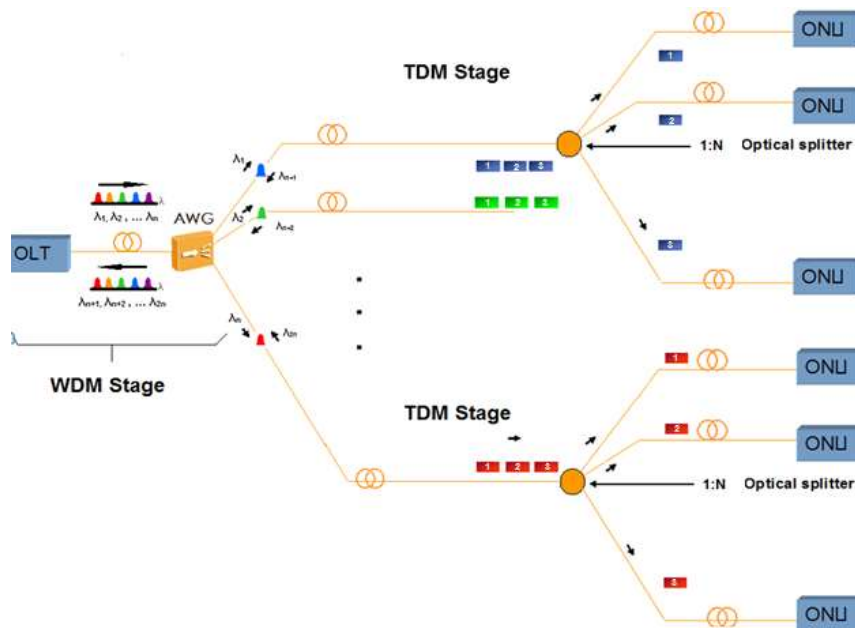
Različite ONU koriste različite talasne dužine za prenos svojih podataka u *upstream* smeru. Ovakvi signali se multipleksiraju, a potom šalju preko vlakna. U *downstream* smeru svaka ONU može da prima signal samo na svojoj talasnoj dužini. To se ostvaruje primenom podesivih filtara koji izdvajaju signal odgovarajuće talasnu dužinu, koji se potom pomoću fotodiode konvertuje iz optičkog u električni domen. Može se koristiti i optički multiplekser/demultiplekser, pri čemu se kreira logička veza tačka-tačka tako da svaka ONU može da prenosi željenom brzinom unutar dodeljenog opsega sa garantovanim QoS.



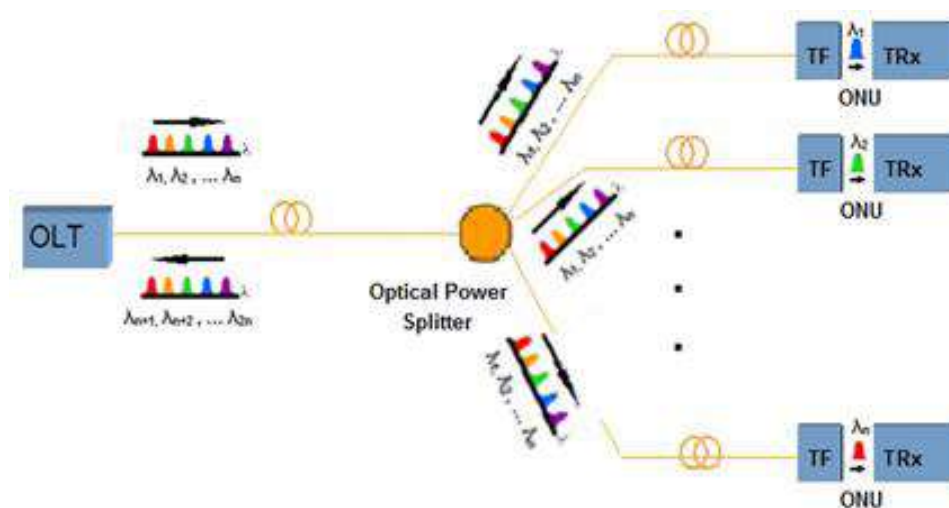
Slika 4. Arhitektura WDM Pasivnih optičkih mreža

Kao multiplekser talasnih dužina, obično se koristi AWG multiplekser (*Arrayed Waveguide Gratings* – AWG). AWG je pasivni optički uređaj s posebnim svojstvom cikličke periodičnosti što omogućuje da se AWG koristi i kao multiplekser i demultiplekser u isto vreme. AWG usmerava svaku pojedinačnu talasnu dužinu na jedinstveni izlazni port, odvajajući više talasnih dužina istovremeno. Uneseni gubitak (*Insertion loss*) u AWG-u je od oko 4-5 dB (bez obzira na broj kanala), a to je daleko manje nego kod optičkih razdelnika. WDM-PON obezbeđuje svakom ONU preko određene talasne dužine virtuelnu konekciju koja odgovara tipu optičkog prenosa tačka – tačka. Sve prednosti koje se javljaju kod konfiguracije tačka - tačka primenljive su i ovde. Međutim, u najvećem broju slučajeva, termo-električno hlađenje (*Thermo-Electric Cooling* - TEC) je često potrebno radi stabilizacije talasne dužine. TEC troši dodatnu energiju, što može da umani energetsku efikasnost virtuelne PtP konfiguracije [19]. Optička mrežna jedinica je kod WDM-PON opremljena ili sa podesivim laserom (*Tunable Laser* - TL) za podešavanje odvojenih talasnih dužina ili može da koristi jednu posebnu talasnu dužinu za *downstream* prenos signala a drugu posebnu za *upstream*. U drugom slučaju za simultani prenos *upstream* i *downstream* signala ONU zahteva reflektujuće poluprovodničke optičke pojačavače (*Reflective Semiconductor Optical Amplifiers* - RSOA) i modulatore za diskretnu frekvencijsku modulaciju.

TDM-PON se može kombinovati sa tehnikom multipleksiranja po talasnim dužinama (WDM) i kao rezultat toga se dobija hibridni PON (HPON), koji, u zavisnosti od načina na koji podaci iz pojedinačnih ONU dele grupu njima dodeljenih talasnih dužina, može biti WTDM PON (*Wavelength Time Division Multiplexing PON*) i TWDM PON (*Time Wavelength Division Multiplexing PON*). Arhitekture ova dva tipa HPON-a su prikazane na Slici 5 i Slici 6. HPON povećava ukupan kapacitet preko PON pomoću brojnih parova talasnih dužina, na primer tipično 4 x GPON ili 4 x XG-PON1 (10 Gb/s PON kao što je specificirano u ITU-T G.987). Treba napomenuti da je TWDM-PON izabran kao primarno rešenje za NG-PON2 (*40-Gigabit-capable Passive Optical Networks 2*) od strane organizacije FSAN - *Full Service Access Network*. Za isti ukupan kapacitet, potrošnja energije na OLT biće nešto viša nego kod samog TDM-PON, jer ima višestruke predajnike na OLT-u. Na strani ONU, iako je potrošnja manja kod TWDM-PON zbog toga što je protok po kanalu niži u poređenju sa agregiranim linijskim protokom za TDM-PON, dodatna energija se troši za podešavanje predajnika i prijemnika [19].



Slika 5. Arhitektura WTDM Pasivnih optičkih mreža



Slika 6. Arhitektura TWDM Pasivnih optičkih mreža

Najznačajnije karakteristike hibridnih pasivnih optičkih mreža su prema [20]:

- Slično GPON mrežama sa dinamičkom raspodelom opsega, ali i većim propusnim opsegom koji je zauzet po talasnoj dužini, HPON podržava terminale sa različitim zahtevima za propusnim opsegom, gde su terminali sa manjim zahtevima (npr. rezidencijalni korisnici) povezani na splitere snage, dok se terminali sa zahtevima za većim propusnim opsegom direktno povezuju na AWG
- Može iskoristiti bilo koju optičku distributivnu mrežu koju je razvio telekomunikacioni operator (npr. korišćenjem ODN i splitera koji se već koriste u GPON)
- Obezbeđuje maksimalni domet i stoga podržava konsolidaciju smanjenjem broja centralnih čvorova; time se dolazi do značajnog smanjenja troškova kroz smanjanje broja aktivnih komponenti, potrošnje energije i sl.
- HPON podržava veliki broj korisnika, što suštinski zavisi od odnosa podele AWG-a i splitera. Neka od rešenja kombinuju AWG sa 40 i 80 talasnih dužina sa 1:32 spliterima, što kao rezultat daje 1200 i 2500 terminala, respektivno.

Kako postići da neka pristupna mreža bude energetska efikasna zavisi od komponenta koje se primenjuju, arhitekture, principa rada, u koje svrhe se koristi. Jasno je da korisnički profili u pasivnim optičkim mrežama značajno variraju što dovodi do toga da u određenim periodima dana neki resursi nisu adekvatno iskorišćeni

(npr. talasne dužine ili vremenski slotovi). To otvara mogućnost da se smanji broj potrebnih talasnih dužina tako što se korisnicima koji imaju komplementarno ponašanje u mreži dodeli ista talasna dužina, čime se postiže bolja iskorišćenost optičkih resursa. Kako se tada koristi samo određeni deo resursa ovo se direktno odražava na uštedu energije.

Pri razmatranju koncepta energetske efikasnosti telekomunikacionih mreža potrebno je adekvatno definisati osnovne koncepte uštede energije [21]:

- *Power shedding* (stanje rasipanja) – ovaj pristup isključuje UNI koji se ne koriste;
- *Doze stanje* (stanje dremanja) – u ovom stanju se isključuju sve neesencijalne funkcije zajedno sa isključivanjem ONU predajnika dok prijemnik ostaje uključen
- *Sleep stanje* (stanje spavanja) – u ovom stanju se isključuju svi neesencijalni funkcionalni blokovi kao i predajnik i prijemnik ONU

Takođe treba istaći razliku između termina „stanje“ i termina „mod“. Mod predstavlja kombinaciju stanja u zavisnosti od saobraćajnog opterećenja u mreži. Na primer, *doze* mod predstavlja cikličnu tranziciju između *power shedding* i *doze* stanja, dok *sleep* mod predstavlja cikličnu tranziciju između *power shedding*, *doze* ili *sleep* stanja. Mod spavanja može biti dalje klasifikovan na mod dubokog spavanja i mod brzog spavanja zavisno od perioda spavanja.

Periodični prelazi u srednje aktivno stanje, koje se naziva probno stanje (*probe state*), dopuštaju da ONU prima indikacije sa OLT ako je relevantan *downstream* saobraćaj na čekanju kod OLT. Kada ONU primi indikator da je saobraćaj na čekanju, napušta režim spavanja i prelazi potpuno u aktivno stanje. Ako nema saobraćaja na čekanju, ONU se vraća na režim male potrošnje energije i nastavlja se ciklični režim spavanja. Upravljanje prelaskom u aktivno stanje vrši se protokolom za signalizaciju, dok se periodičnim prelazima u okviru cikličnog režima spavanja upravlja autonomno preko tajmera u ONU. Ciklični režim spavanja sastoji se od relativno kratkog probnog režima (obično kraći od nekoliko milisekundi) nakon čega sledi duži period režima spavanja (tipično nekoliko desetina milisekundi). Produžavanje trajanja perioda režima spavanja rezultira kompromisom u pogledu povećanja uštede energije i smanjenja iskustvenog kvaliteta zbog kašnjenja [17].

Kod ONU najveće su uštede energije kada je vreme spavanja mnogo duže u odnosu na vreme prenosa podataka. Međutim, nove arhitekture prevazilaze postojeću kada je dužina spavanja manja od 30ms. To je otuda što trajanje zaglavlja za ONU sa postojećom arhitekturom postaje znatno s obzirom na dužinu režima spavanja. Tokom časova zauzeća, režim mirovanja (*doze mode*) može da redukuje potrošnju energije između 50 i 75%, dok režim spavanja redukuje potrošnju od 72 do 92%, a tehnologije sa *burst* režimom prenosa i prijema (kao što su 40G-TDMA-PON, TWDM-PON, 10G-EPON i EPON) postižu bolju uštedu energije u odnosu na kontinuirani režim prenosa i prijema tehnologija kao što su WDM-PON, AON i PtP [20].

Kod trenutnih TDM-PON, OLT šalje *downstream* saobraćaj do svih ONU jedinica koje ostaju aktivne čak i ako nema podataka namenjenih njima. Tu se može ostvariti potencijalno velika ušteda energije ako bi optičke mrežne jedinice bile aktivne samo u vreme prijema svojih vremenskih slotova (odnosno, ako su podaci određeni za njih) i da se prebaci na režim spavanja (*sleep mode*) u praznim vremenskim slotovima. Korišćenjem statističkih karakteristika multipleksiranja *downstream* saobraćaja, može se postići značajna redukcija potrošnje energije. Rezultati pokazuju skoro 80% uštede energije za periode slabog saobraćaja i više od 50% uštede energije kod realnog TDM saobraćaja. Da bi se omogućio režim spavanja kod trenutnog TDM-PON, ONU mora kada se vraća iz režima spavanja da obnovi sinhronizaciju sa mrežom.

Treba napomenuti da u TDM-PON mrežama, ciklični režim spavanja se primenjuje na ONU. OLT je stalno uključen, ali njegov doprinos je relativno mali, jer ga deli više pretplatnika. Međutim, u *Ethernet* PtP sistemu ciklični režim spavanja može se primeniti i kod OLT i kod ONU porta [17]. Dva glavna problema koja se javljaju sa primenom režima spavanja ONU su gubitak paketa i kašnjenje usled prebacivanja iz aktivnog režima u režim spavanja. Ako bi se ONU našao u režimu spavanja u trenutku kada pristigne *downstream* paket, OLT bi morao ili da stavi paket na čekanje ili da ga odbaci. Slično tome, kada novi paketi stignu do ONU u toku režima spavanja, ONU ih stavlja na čekanje dok ne pređe u aktivan režim i ponovo ne ostvari sinhronizaciju sa OLT [13]. Za oporavak takt signala (*Clock recovery*) potrebno je od 2 do 5ms. Nakon toga, potrebno je da ONU uspostavi sinhronizaciju sa mrežom kako bi mogla da šalje *upstream* saobraćaj [15]. Kako bi se rešili ovi problemi OLT mora da koristi naprednije protokole.

Moguća je ušteda energije u UNI (*User Network Interface* - korisnički mrežni interfejs, koji povezuje ONU sa korisničkom opremom) tako što će se isključiti kad se ne koristi. Ovaj postupak je opisan u preporukama G.983.2 i G.984.4 i podržan je nekim već postojećim rešenjima. Teško je detektovati kada UNI nije aktivan pošto su konektovani uređaji (kao što su računari) u stalnoj komunikaciji. Takođe postoji mogućnost usporavanja UNI koja nije kompletno u upotrebi, proces poznat kao "UNI - *speed shedding*" [16].

Takođe, moguće je sačuvati energiju korišćenjem energetske zaštite - *power shedding* (ograničavača, limitera) u interfejsu pristupa mreži koji povezuje ONU sa OLT (*Access Network Interface* - ANI). Ova tehnika u osnovi isključuje kompletnu ONU. Ovo može da ima ozbiljne posledice na kvalitet servisa i može doći do blokiranja dolaznih paketa. Druga tehnika može biti ANI rasterećenje brzine (*speed shedding*), tj. usporavanje PON-a u periodima malog korišćenja. Ova tehnika može biti veoma kompleksna za primenu. Koordinirano planiranje isključivanja ONU tokom određenih perioda dana takođe može biti istraženo kako bi se izgradile energetske efikasne PON. Implementacija režima spavanja kod GPON je opisana u standardu ITU-T G.845 GPON očuvanje energije. Neki GPON proizvodi već imaju uključene režime za očuvanje energije koji redukuju do 95% korišćenje energije od strane ONU za vreme trajanja perioda isključenja i pripravnosti.

3. ZAKLJUČAK

Poslednjih godina se beleži sve veći uticaj informacionih tehnologija na sisteme transporta. Dok je još uvek zastupljeno mišljenje da unapređenje sistema transporta u okviru neke države podrazumeva izgradnju novih puteva ili zamenu dotrajale postojeće infrastrukture, budućnost transporta se ogleda u upotrebi informacionih tehnologija. Osnovni ciljevi ITS su minimiziranje vremena koje svi učesnici u saobraćaju provedu u putu, uz istovremeno povećanje bezbednosti i efikasnosti transportnih sistema, ali i smanjenja emisija štetnih gasova i ukupne potrošnje energije. Funkcionalnosti koje Inteligentni transportni sistemi pružaju se odnose na povećanje bezbednosti i komfora učenika u saobraćaju. U cilju postizanja tih funkcionalnosti neophodna je integracija adekvatne telekomunikacione infrastrukture koja može da zadovolji zahteve specifične za određene servise koji se nude u okvirima ITS-a. Pri izboru telekomunikacione tehnologije koja će biti najpogodnija za primenu u ITS-u jedan od bitnih aspekata mora biti i aspekt energetske efikasnosti te tehnologije. U globalnoj potrošnji energije telekomunikacioni sektor predstavlja jednog od pojedinačno najvećih potrošača, a sa druge strane kroz različite oblike uključivanja u brojne sektore savremenog društva prvenstveno kroz supstitucije neefikasnih segmenata ukazuje na mogućnost smanjenja potrošnje u različitim sektorima. Kada se razmatra energetska efikasnost telekomunikacione infrastrukture, pasivne optičke mreže se nameću kao najpogodnije rešenje upravo zbog karakteristika komponenata koje ih sačinjavaju. U radu su date osnovne karakteristike pasivnih optičkih mreža i neke od mera za povećanje njihove energetske efikasnosti i mogućnosti primene u Inteligentnim transportnim sistemima.

Literatura

- [1] Picone, M., Busanelli, S., Amoretti, M., Zanichelli, F., Ferrari, G. 2005; *Advanced Technologies for Intelligent Transportation*. Springer International Publishing Switzerland. 252p.
- [2] Delgrossi, L., Zhang, T., 2012, *Vehicle safety communications: protocols, security, and privacy*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 396p.
- [3] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan, A.: (2010). (on-line) available at: <http://www.mlit.go.jp/en/index.html> (06.07.2017.)
- [4] The Department of Transportation, The Intelligent Transportations Systems Joint Program Office (ITS JPO), (on-line) available at: <https://www.its.dot.gov/> (06.07.2017.)
- [5] Car-to-Car Communication Consortium, (on-line) available at: <http://www.car-2-car.org/> (06.07.2017.)
- [6] Directorate General for Mobility and Transport, Intelligent transport systems, (on-line) available at: https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en (06.07.2017.)
- [7] European Telecommunications Standards Institute: (on-line) available at: <http://www.etsi.org/> (06.07.2017.)
- [8] Papadimitratos, P., La Fortelle, A., Evenssen, K., Brignolo, R., Cosenza, S. 2009. Vehicular communication systems: enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation, *IEEE Communication Magazine* 47(11): 84–95.
- [9] Karagiannis, G.; Altintas, O.; Ekici, E.; Heijenk, G.; Jarupan, B.; Lin, K.; Weil, T. 2011. Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions, *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 4(13): 584-616.

- [10] Anagnostopoulos, C. N. E. 2014. License Plate Recognition: A Brief Tutorial, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine 1(6): 59-67.
- [11] Tian, B.; Ming, T.; Yuqiang, L.; Yanjie, Y.; Chao, G.; Dayong, S.; Shaohu, T.; 2017. Hierarchical and Networked Vehicle Surveillance in ITS: A Survey, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 1(18): 25-48.
- [12] He, H.; Shao, Z.; Tan, J. 2015. Recognition of Car Makes and Models From a Single Traffic-Camera Image, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 6(16): 3182-3192.
- [13] Panahi, R.; Gholampour, I. 2017. Accurate Detection and Recognition of Dirty Vehicle Plate Numbers for High-Speed Applications, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 4(18): 767-779.
- [14] Lambert, S.; Heddeghem, W.V.; Vereecken, W.; Lannoo, B.; Colle, D.; Pickavet, M. 2012. Worldwide electricity consumption of communication networks, Optics Express, 26(20): B513-B524.
- [15] Coomonte, R.; Feijóo, C.; Ramos, S.; Gómez-Barroso, J. L. 2013. How much energy will your NGN consume? A model for energy consumption in next generation access networks: The case of Spain, Telecommunications Policy 10(37): 981 – 1003.
- [16] Zhang Y.; Chowdhury P.; Tornatore M.; Mukherjee B. 2010. Energy Efficiency in Telecom Optical Networks, IEEE Communications Surveys & Tutorials 4(12): 441-458.
- [17] Senior, J. 2009. *Optical fiber communications: principles and practice*. Pearson Education Limited. 1127 p.
- [18] Aćimović-Raspopović, V.; Marković, G.; Radonjić, V. (2007). Pasivne optičke mreže za pristup. XXV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PosTel, Beograd. 291-302.
- [19] Vetter, P.; Suvakovic, D.; Chow, H.; Anthapadmanabhan, P.; Kanonakis, K.; Lee, K. L.; Saliou, F.; Yin, X.; Lannoo, B. 2014. Energy-Efficiency Improvements for Optical Access, IEEE Communications Magazine, 4(15): 136-144.
- [20] Grigoreva, E.; Wong, E.; Furdek, M.; Wosinska, L.; Machuca, C.M. 2017. Energy consumption and reliability performance of survivable passive optical converged networks: public ITS case study, IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking 4(9): C98-C108.
- [21] Recommendation G.Sup45 (05/09) GPON power conservation (2009) (on-line) available at: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.Sup45-200905-I> (06.07.2017.)
- [22] Dixit, A.; Lannoo, B.; Colle, D.; Pickavet, M.; Demeester, P. 2012. ONU power saving modes in next generation optical access networks: progress, efficiency and challenges, Optics Express 26(20): B52-B63.

UTICAJ PERCEPCIJE OPASNIH MESTA NA INCIDENCIJU NEZGODA U SAOBRAĆAJU

Marjana Čubranić-Dobrodolac¹, Svetlana Čičević²

¹ Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, ² Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Rezime: Istraživanje je realizovano na uzorku koji je formiran od 305 vozača (100 vozača autobusa, 102 vozača kamiona i 103 vozača putničkih vozila). Cilj istraživanja je bio utvrđivanje uticaja percepcije opasnih mesta, definisanih u okviru deonice puta Ibarske magistrale (od naselja Žarkovo do izlaska iz naselja Čelije) u odnosu na doživljavanje saobraćajnih nezgoda. Kada je reč o doživljenim nezgodama, razmatran je ukupan broj prijavljenih nezgoda u vozačkom iskustvu, kao i broj nezgoda koje su vozači imali na pomenutoj deonici puta. Prilikom testiranja vozača korišćeni su sledeći instrumenti procene: upitnik za procenu opasnih mesta, demografski upitnik i upitnik istorije učešća u saobraćajnim nezgodama. Modeli percepcije vozača konstruisani su primenom standardne regresione analize. Dobijeni rezultati predstavljaju značajan doprinos u objašnjenju međusobnog uticaja koji postoji između faktora čovek-put.

Ključne reči: percepcija vozača, saobraćajne nezgode, karakteristike puta, bezbednost saobraćaja

THE IMPACT OF THE PERCEPTION OF HAZARDOUS ROAD LOCATIONS ON THE OCCURRENCE OF TRAFFIC ACCIDENTS

Marjana Čubranić-Dobrodolac¹, Svetlana Čičević²

¹ Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, ² Faculty of Transport and Traffic

The research was carried out considering a sample of 305 drivers (100 bus drivers, 102 truck drivers and 103 drivers of privately owned vehicles). The aim of this study is to determine the impact of the perception of hazardous road locations, defined on the section of road called "Ibarska magistrala" (from a part of Belgrade named Žarkovo to the end of the settlement Čelije) in relation to experiencing traffic accidents. Regarding the occurrence of accidents, the total number of reported accidents in the driver's experience and also the number of accidents that drivers had on the considered road section were considered. In the procedure of drivers testing, the following assessment instruments were used: the hazard road locations assessment questionnaire, demographic questionnaire and questionnaire for determination of the traffic accidents participation history. The models of driver perception are constructed using standard regression analysis. The obtained results represent a significant contribution in explaining the interaction between the human-road factors.

Keywords: driver's perception, traffic accidents, road characteristics, traffic safety

1. UVOD

Istraživanje percepcije rizika u saobraćajnim situacijama, u najširem smislu, podrazumeva analizu načina kako vozači doživljavaju, tumače i reaguju na potencijalne opasnosti na putu, kao i kako to utiče na preuzimanje rizičnih odluka u vezi sa upravljanjem vozilom kada su u pitanju vreme, brzina i prostor. U oblasti projektovanja puteva, inženjeri mogu egzaktno da odrede karakteristike puta, kao i procedure funkcionisanja saobraćaja. Iako direktna kontrola ponašanja vozača nije moguća, projektne i funkcionalne karakteristike puteva moraju biti usklađene sa načinima na koje vozači opažaju saobraćajnu situaciju, i donose odluke kako bi preduzeli određene manevre. Jedan od osnovnih problema prilikom projektovanja puteva je taj što je ponašanje vozača podložno promenama, u zavisnosti od brojnih unutrašnjih ili spoljašnjih, trenutnih ili trajnih faktora. Za ponašanje vozača nisu od presudnog značaja geometrijske karakteristike puteva, projektni elementi i sredstva za regulisanje saobraćaja. Vozači imaju sopstvenu percepciju i motivaciju za vožnju, i prilagođavaju ponašanje kako bi optimizovali svoj učinak prema svojim često subjektivnim kriterijumima. Percepcija i procena rizika važan su deo ovog procesa. Kada se govori o dominantnim karakteristikama vozača, mnoga istraživanja su pokazala jaku povezanost između percepcije rizika i uključenosti u doživljavanje saobraćajnih nezgoda (Lipovac, 2008). Razumevanje faktora saobraćajnih nezgoda koji se tiču vozačeve procene rizika, povećava sposobnost da se definišu odgovarajuće mere i usmere akcije, kako bi se umanjile negativne posledice neadekvatnog ponašanja. Iako je jasno da nijedna teorija ne može u celini povezati sve aspekte rizičnog ponašanja sa saobraćajnim nezgodama, teorije i modeli su važni za razumevanje kako različiti faktori u saobraćaju utiču na ponašanje vozača (Jovanović, 2009).

2. METODOLOGIJA

Kako je primarni cilj ovog rada bio istraživanje percepcije rizika na deonici državnog puta IB reda 22, posmatrani uzorak je formiran od vozača različitih kategorija, tj. istraživanjem su obuhvaćeni profesionalni, kao i vozači amateri kojima je zajedničko da upravljaju vozilom na pomenutoj deonici puta. Uzorak je činilo 305 vozača oba pola, različitog obrazovanja i starosti od 18 do 69 godina. Uzorak je heterogen po pitanju dužine vozačkog staža i učestalosti vožnje. Kriterijum odabira ispitanika za ovaj uzorak odnosio se na učestalost upravljanja posmatranom deonicom Ibarske magistrale. Većina vozača ovom deonicom vozi barem jednom sedmično, a mnogi i znatno češće. Uzorkom je obuhvaćeno 102 vozača kamiona, 100 vozača autobusa koji voze na međugradskim linijama, kao i 103 vozača putničkih vozila iz uzorka prigodnog tipa za koje je postojala informacija da često upravljaju vozilom na posmatranoj deonici puta.

Kada je reč o primenjenim instrumentima u istraživanju, pored demografskog upitnika i upitnika u vezi sa istorijom vožnje, ključni instrument na kome počiva istraživanje odnosio se na percepciju rizičnih mesta na posmatranoj deonici. Ispitanicima je ponuđena slika mape opasnih mesta u okviru proučavane deonice puta. Na slici predočene su najrizičnije tačke deonice puta IB reda 22, dugačke 65 km, koja se prostire od izlaza iz naselja Žarkovo (Beograd), do izlaza iz naselja Čelije. Mapa deonice sa crnim tačkama preuzeta je od JP „Putevi Srbije.“ Opasna mesta definisana su u odnosu na broj nezgoda na ovim lokacijama. Od ispitanika je traženo da na linijama za odgovore ispod slike pored imenovanih lokacija na kojima se nalaze ova opasna mesta označe stepen rizika. Za svaku od percipiranih crnih tačaka u produžetku pitanja bila je ponuđena skala sa ocenama od 1-10 (pri čemu je veća ocena korespondirala sa većim opaženim rizikom date tačke). Zadatak ispitanika bio je da procene stepen opasnosti svake od navedenih označenih tačaka (ukupno 9) na osnovu sopstvenog vozačkog iskustva. U instrukciji im je naglašeno da niža ocena označava niži percipirani nivo opasnosti.

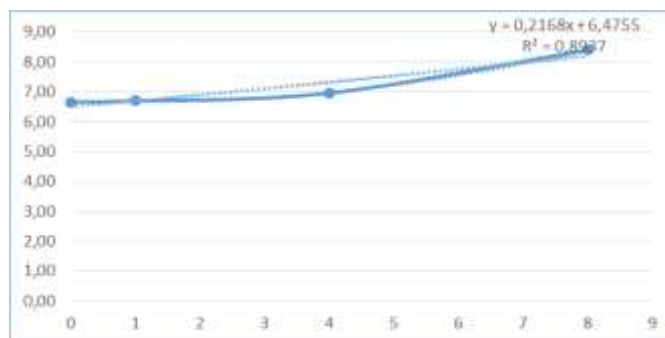
Na grafičkom prikazu, ispitanicima je ponuđeno 9 opasnih mesta koja se nalaze na pomenutoj deonici puta. Kako bi se statistički model analize što više približio psihološkom modelu percepcije opasnih mesta koji kao fenomen determinišu, kako crte ličnosti i karakter, tako i navike, stavovi i vrednosti pojedinca, za potrebe kreiranja regresionog modela korišćena je prosečna ocena svih opserviranih tačaka za svakog od ispitanika. Ova mera proseka predstavlja nezavisnu promenljivu u regresionoj jednačini. Kao zavisna varijabla uzet je ukupan broj nezgoda koji su vozači prijavili u Upitniku o vozačkoj istoriji. Kako bi se tačke regresione jednačine što bolje definisale u statističkom smislu, u analizi je za alternative ponuđenih odgovora o broju ukupno doživljenih nezgoda uzeta donja granica opsega ukupnih nezgoda (npr. ukoliko je jedna alternativa podrazumevala opseg nezgoda od 1-4, za graničnu tačku uzeta je donja vrednost, tj. u ovom slučaju 1).

Statistička obrada podataka vršena je pomoću programskog paketa IBM SPSS Statistics v.22. Pored deskriptivne statistike, u cilju konstrukcije modela percepcije rizika, sprovedena je standardna regresiona analiza. Najkarakterističniji dobijeni podaci biće grafički prikazani u radu.

2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

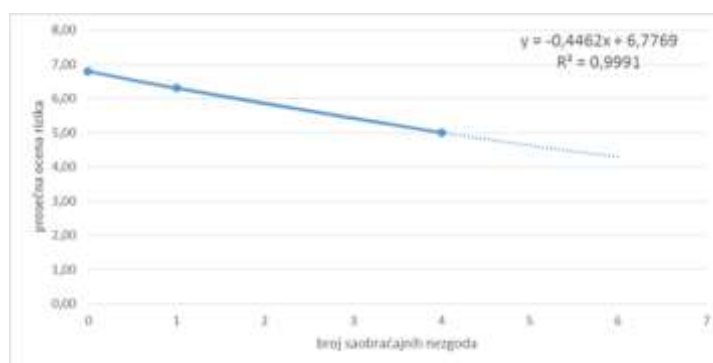
Radi boljeg razumevanja međusobnih odnosa između broja saobraćajnih nezgoda i karakteristika puta, pored proučavanja njihovih relacija u opštoj populaciji vozača na reprezentativnom uzorku, sprovedene su i zasebne regresione analize na uzorku profesionalnih vozača autobusa, na uzorku vozača kamiona, kao i analize na uzorku vozača putničkih automobila. U nastavku su prikazane regresione jednačine za svaku od kategorija vozača, kroz grafički prikaz, kako bi se što verodostojnije ilustrovao detektovani odnos pomenutih varijabli.

Na Slici 1.1. prikazan je prvi regresioni model kojim se opisuje registrovani odnos između broja ukupno doživljenih saobraćajnih nezgoda u vozačkom iskustvu i prosečne ocene stepena rizika crnih tačaka na posmatranoj deonici Ibarske magistrale. Regresiona jednačina opisuje model ponašanja sa izvesnom zakonitošću. Dakle, moguće je zaključiti da strožiji kriterijumi procene opasnih mesta pokazuju povezanost sa većim brojem prijavljenih nezgoda. Drugim rečima, vozači koji opasna mesta opažaju kao rizičnija, prijavili su da su doživeli veći broj saobraćajnih nezgoda.



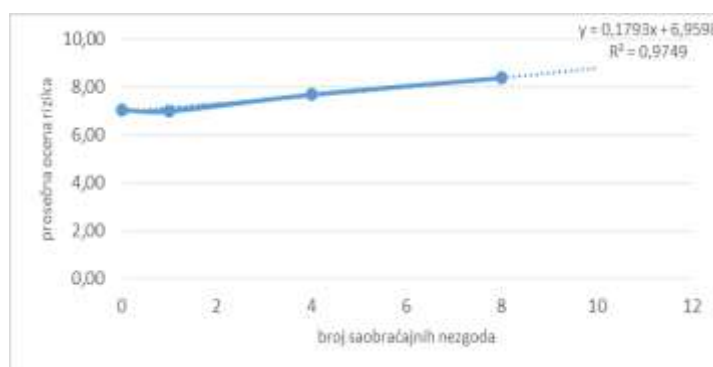
Slika 1.1. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda (Ukupan uzorak vozača)

Kako su prethodno navedeni rezultati ukazali na karakterističan odnos dveju posmatranih varijabli, što u terminima proučavane problematike predstavlja podatak od velike potencijalne vrednosti, sprovedene su regresione analize za svaku od kategorija vozača iz ukupnog uzorka. Na Slici 1.2 predstavljen je model odnosa percepcije crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda za vozače putničkih automobila iz opserviranog uzorka. Prema ovom modelu, vozači putničkih automobila koji crne tačke percipiraju kao opasnije, ili kao one koje to uopšte nisu, učestvovali su u manjem broju nezgoda.



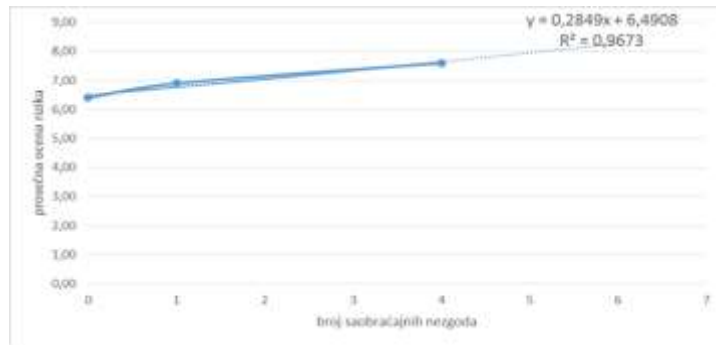
Slika 1.2. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda (Uzorak vozača putničkih vozila)

Ako se posmatraju vozači međugradskog autobusa koji voze svakodnevno na deonici puta koja je predmet istraživanja, može se primetiti da se dobijeni opaženi model u većoj meri približava prvom opisanom modelu za ukupan uzorak vozača. Dakle, u ovom slučaju beleži se blagi porast u broju doživljenih nezgoda u funkciji povećanja ukupne prosečne ocene rizika na putu (Slika 1.3).



Slika 1.3. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda (Uzorak vozača autobusa)

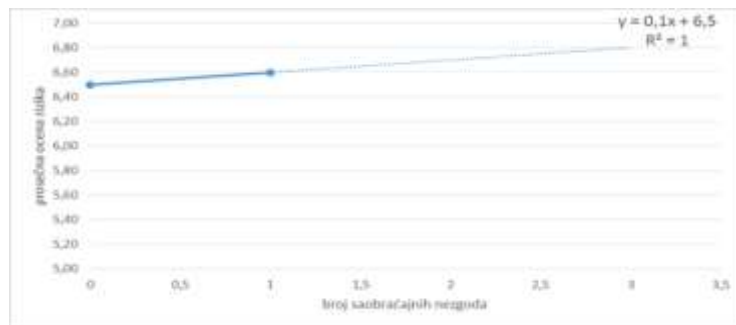
Slika broj 1.4. opisuje odnos percepcije rizika i ukupnog broja doživljenih nezgoda vozača teretnih vozila. Posmatravši ovaj model moguće je uočiti porast broja doživljenih nezgoda, uporedo sa porastom prosečne ocene crnih tačaka. Ovakva uočena tendencija donekle je slična kao i u slučaju modela percpcije za vozače autobusa.



Slika 1.4. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda (Uzorak vozača kamiona)

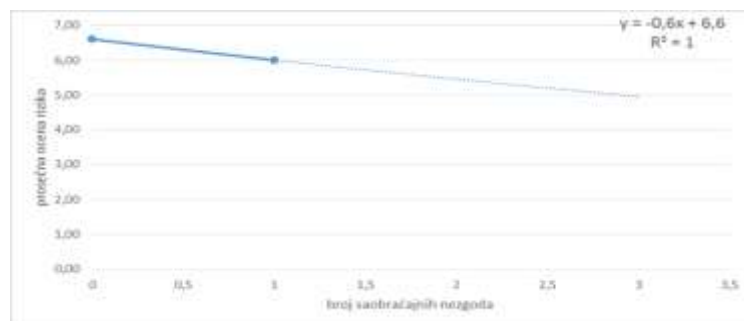
Kako bi se dobijeni model percepcije opasnosti i saobraćajnih nezgoda u najvećoj mogućoj meri interpretirao i u svetlu učešća ostalih varijabli koje mogu imati manje ili više očigledan uticaj na proučavanu pojavu, realizovane su regresione analize prema istom kriterijumu kada je reč o kategoriji vozača, ali je u ovom slučaju za zavisnu varijablu određen broj prijavljenih doživljenih nezgoda na deonici puta IB reda 22.

Na Slici 1.5. zapaža se da ovaj dobijeni regresioni model uglavnom podržava prvobitno opisani model (za ukupan broj doživljenih nezgoda), odnosno, da broj nezgoda koje su vozači doživeli na posmatranoj deonici puta, kao i ocena jačine opasnosti rastu u istom smeru kao što je slučaj i u okviru prvobitnog modela koji opisuje dati odnos. Izuzetak predstavlja samo intenzitet dobijenog odnosa, što se jednostavno interpretira manjom incidencijom nezgoda na izolovanom delu puta. U ovom slučaju, dakle, taj intenzitet je nešto umereniji.



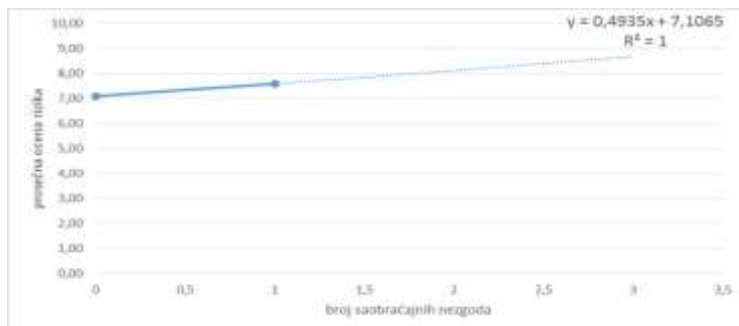
Slika 1.5. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda na posmatranoj deonici (Ukupan uzorak)

Na Slici 1.6. ponovo se može primetiti ista tendencija kada je u pitanju odnos nezgoda (u ovom slučaju na posmatranoj deonici) i procene intenziteta crnih tačaka. Shodno očekivanjima, formiranim na osnovu opaženih relacija iz prethodnih modela, jednačina za vozače putničkih vozila pokazuje suprotnu tendenciju relacija opserviranih pojava, tj. vozači koji ocenjuju put kao opasniji imaju manji broj doživljenih nezgoda.



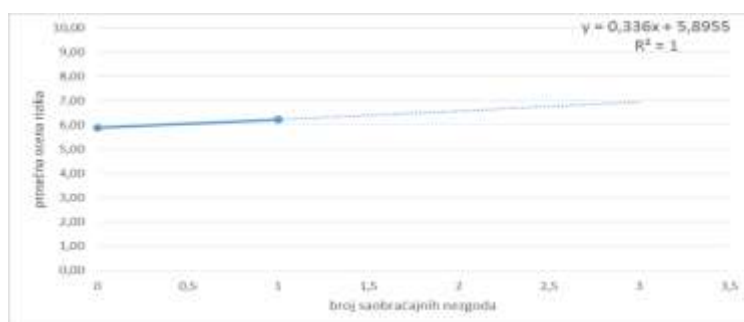
Slika 1.6. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda na posmatranoj deonici (Uzorak vozača putničkih vozila)

Slika 1.7. odnosi se na dobijeni regresioni modela ponašanja za profesionalne vozače autobusa. U ovom slučaju beleži se suprotna tendencija od neposredno opisane, što, kao i do sada, odgovara generalnom inicijanom modelu odnosa opisanom na početku (pri čemu strožiji kriterijumi procene opasnih mesta pokazuju povezanost sa porastom broja nezgoda). Drugim rečima, broj saobraćajnih nezgoda na delu puta u ovom slučaju raste u funkciji ocena crnih tačaka.



Slika 1.7. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda na posmatranoj deonici (Uzorak vozača autobusa)

Kada je reč o vozačima teretnih vozila, uočava se da je i ovde, kao i u prethodno navedenom primeru oblik povezanosti među varijablama gotovo isti, o čemu svedoče jednake vrednosti R² (Slika 1.8). I u ovom slučaju, porast broja saobraćajnih nezgoda je funkciji percipiranja tačaka na putu kao manje rizičnih.



Slika 1.8. Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda na posmatranoj deonici (Uzorak vozača kamiona).

3. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Pre nego što se dobijeni rezultati podvrgnu analizi i diskusiji, korisno je kao rezime još jednom prikazati sve dobijene modele percepcije kroz regresione jednačine, tačnije kroz indekse korelacije. Na ovaj način će se najlakše omogućiti komparacija dobijenih rezultata, koja je svakako neophodna za kvalitetnu interpretaciju (Tabela 1.1).

Tabela 1.1. Prikaz dobijenih modela percepcije rizika i ponašanja vozača

Model	Uzorak	R ²
Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda	Ukupan uzorak vozača	0,893
	Vozači putničkih vozila	0,999
	Vozači autobusa	0,974
	Vozači kamiona	0,967
Regresioni model odnosa procene crnih tačaka i saobraćajnih nezgoda na posmatranoj deonici	Ukupan uzorak vozača	1
	Vozači putničkih vozila	1
	Vozači autobusa	1
	Vozači kamiona	1

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da ostvareni rezultati primene regresione analize u oblikovanju modela ponašanja vozača pokazuju iznenađujuće visok nivo prediktivne moći percepcije opasnih mesta i samog puta kao faktora čija poboljšanja imaju veliki potencijal za podizanje opšteg nivoa bezbednosti saobraćaja. Istraživanje uloge percepcije rizika na opasnim mestima u saobraćaju kod vozača koji su imali više nezgoda pokazalo je da se percepcija može opravdano smatrati faktorom rizika koji na izvestan način senzitivira vozače da postanu skloniji, ili pak manje skloni, odnosno oprezniji doživljavanju saobraćajnih nezgoda.

Iako su početne hipoteze bile usmerene na dokazivanje povezanosti u odnosu na ukupan broj nezgoda, uopšteno oslanjajući se na celokupnu vozačku istoriju pojedinca, u toku istraživanja pokazalo se indikativnim ispitati kako predloženi model funkcioniše na konkretnom primeru odabrane rizične deonice puta. Dakle, implementacija elemenata generalnog modela izvršena je sa ciljem da se izbliza sagleda koliku prediktivnu moć ovaj model ima u specifičnim izolovanim situacijama. Ovaj motiv doveo je do uključivanja još jedne nezavisne promenjive. Umesto ukupnog broja nezgoda u model je uvršćen broj nezgoda koje su ispitanici prijavili kao doživljene na delu puta koji je inspirisao istraživača da inicira ovakvo empirijsko istraživanje. I u ovom slučaju utvrđene su zakonitosti u ponašanju vozača, u opštem smislu, ali i u smislu različitih posmatranih kategorija vozača koje su obuhvaćene uzorkom. Sa stanovišta psihologije ličnosti, kao i psihologije opažanja, dobijeni nalaz se najbolje uklapa u okvire kognitivističke teorije, jer ukazuje na to da način na koji kognitivno tumačimo i razumemo događaje sa kojima smo suočeni, utiče na naša osećanja, pa i delovanja, samim tim. Osećanje se ne događa izvan socijalnih okvira u kojima se neko nalazi, pa tako taj okvir nudi način na koji tumačimo svoja osećanja. U terminima posmatrane problematike, nameće se zaključak da vozačevo opažanje situacija u saobraćaju kao rizičnijih, pokreće, čini se, emocije koje doprinose nastanku nezgoda.

Sa gledišta teorija nezgoda koje egzistiraju u okviru saobraćajne psihologije, moguće je, takođe, izvesti određene zaključke o ovoj temi. Naime, neki od predloženih modela saglasni su sa navedenim teorijama, dok su drugi saglasni sa Teorijom sklonosti ka nezgodama, zbog smera promena prikazanog u jednačinama. Prema Teoriji sklonosti, pretpostavlja se da pri istim uslovima ne postoji jednaka verovatnoća među osobama za doživljavanje nezgoda i da se ta verovatnoća konstantno ispoljava tokom vremena. Pri tome vreme pojave nezgode je slučajno. Osobine i sposobnosti su tretirane kao osnova za objašnjenje ove teorije. Prema empirijskim nalazima „sklonost“ operiše kada je velika izloženost riziku, što je slučaj sa upravljanjem vozilom na opisanoj rizičnoj deonici puta koja sadrži veliki broj opasnih mesta. Sklonost za nezgode se u stručnoj literaturi opisuje kao: „individualna stalna i povremena osobina koja može biti urođena ili stečena i zavisi od raznih psihofizioloških činilaca“ (Milošević, 2008). Na osnovu primene ovog modela moguće je ustanoviti vozačevu sklonost ka akcidentima. To nam omogućava da unapred, pre doživljavanja prve nezgode, odredimo da li je posmatrani vozač i koliko sklon nezgodama. Svi potencijalni problemi do kojih može doći prilikom upravljanja vozilom na posmatranoj deonici puta mogu da izazovu pogrešne percepcije vozača, kao i donošenje rizičnih odluka, samim tim. Prilikom razmatranja mera za unapređenje bezbednosti saobraćaja

trebalo bi uzeti u obzir najkarakterističnije probleme koji mogu da utiču na pogrešne percepcije vozača, kao i na nebezbedne manevre.

Kada je reč o interakciji između puteva i vozača postoji nekoliko važnih pitanja koja bi trebalo razmotriti u okviru ove diskusije. Naime, kada je reč o posmatranoj deonici državnog puta IB reda 22, suštinski problem sa stanovišta ove interakcije je svakako kolonska vožnja, zastupljena celom dužinom deonice. Ovakav vid vožnje može kod vozača dovesti do pojačane tenzije, te posledično usloviti nepoželjne i nebezbedne reakcije u saobraćaju. Kao sledeći potencijalni problem izdvaja se pojava čestih zagušenja na određenim lokacijama duž deonice. Do ovakvih zagušenja dolazi usled preopterećenosti saobraćajnog toka. Najveći problem ove deonice leži u njenom prostiranju kroz naseljena mesta (u određenim delovima toka), te su česta ograničenja brzine na 40km/h, što usporava saobraćaj i stvaraju se zagušenja. U slučajevima kada je saobraćaj usporan, povećava se vreme koje vozač mora da provede na deonici puta, a što je vreme duže, veće su i šanse za pojavu grešaka ili pak nezgoda (usled zamora, gubitaka pažnje, nervoze usled zagušenja koja prouzrokuju ishitrene manevre itd).

Veliki problem predstavlja i preticanje na ovoj deonici, koje se često može okarakterisati kao rizična radnja nastala usled neadekvatne procene saobraćajne situacije. Tome doprinose posebno vozila velikih dužina, kao što su autobusi ili kamioni, koje je otežano zaobilaziti. Zbog velikog obima saobraćaja na deonici, retko je slobodna saobraćajna traka iz suprotnog smera koja služi za preticanje. Ovakva situacija potencira pogrešne perceptualne procene u odnosu na saobraćajnu situaciju, ali i u odnosu na sopstvene vozačke sposobnosti.

Ponuđeni modeli percepcije i ponašanja vozača na putevima koji se karakterišu kao rizični, trebalo bi da posluže kao okosnica u formiranju jedne inovativnije, do sada nedovoljno istražene oblasti u okvirima saobraćajnoj psihologiji i bezbednosti saobraćaja. Pri tome se fokus interesovanja uveliko pomera sa izolovane opservacije karakteristika ličnosti, a dodatni napor treba biti usmereni ka eksplanaciji sadejstva faktora puta i okoline sa čovekom kao učesnikom u saobraćaju.

LITERATURA

- [1] Milošević, S. 2008. *Percepcija, pažnja i psihomotorna aktivnost*, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [2] Jovanovic, D., Lipovac, K., Stanojevic, P., Stanojevic D. 2009. The effects of personality traits on driving-related anger and aggressive driving behavior among Serbian drivers. *Transportation Research Part F*, 14 (1), 43-53.
- [3] Lipovac, K. 2008. *Bezbednost saobraćaja*, JP Službeni list, Beograd.
- [4] Lipovac, K., Trifunović, A., Čičević, S., Čubranić-Dobrodolac, M. (2015). Primena RSI-provere bezbednosti saobraćaja na deonici državnog puta M22. *Zbornik radova, IV Međunarodna konferencija Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici*, 63-70.

ЕЛЕМЕНТИ ПУТА И ОКРУЖЕЊА ПОВЕЗАНИ СА БЕЗБЕДНОШЋУ САОБРАЋАЈА

др Далибор Пешић¹, др Борис Антић², Ненад Марковић³, Емир Смаиловић⁴

¹Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет, Војводе Степе 305, 11000 Београд, d.pesic@sf.bg.ac.rs

²Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет, Војводе Степе 305, 11000 Београд, b.antic@sf.bg.ac.rs

³Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет, Војводе Степе 305, 11000 Београд, n.markovic@sf.bg.ac.rs

⁴Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет, Војводе Степе 305, 11000 Београд, e.smailovic@sf.bg.ac.rs, (аутор за кореспонденцију)

Резиме: Човек, возило, пут и окружење представљају основне стубове безбедности саобраћаја. Ниво безбедности саобраћаја представља резултат стања сваког појединачног стуба, као и међусобног односа наведених стубова. У овом раду истраживани су елементи пута и окружења који имају негативан утицај на безбедност саобраћаја. Основ за истраживање представљају подаци прикупљени дубинским анализама саобраћајних незгода које су се догодиле у 2016. години на територији града Београда. У истраживању су систематизовани утицајни фактори пута и окружења повезани са настанком саобраћајних незгода, при чему су истакнути елементи који су у вези са настанком саобраћајне незгоде.

Кључне речи: пут, окружење, безбедност саобраћаја, незгода, ефекат.

ELEMENTS OF ROAD AND ENVIRONMENT ASSOCIATED WITH ROAD SAFETY

Ph.D. Dalibor Pešić¹, Ph.D. Boris Antić², M.Sc. Nenad Marković³, M.Sc. Emir Smailović⁴

¹ University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, 11000 Belgrade, Serbia, d.pesic@sf.bg.ac.rs

² University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, 11000 Belgrade, Serbia, b.antic@sf.bg.ac.rs

³ University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, 11000 Belgrade, Serbia, n.markovic@sf.bg.ac.rs

⁴ University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, 11000 Belgrade, Serbia, e.smailovic@sf.bg.ac.rs, corresponding author

Abstract: The human, vehicle, road and environment are the main pillars of traffic safety. The safety level of traffic condition is the result of each pillars, as well as the mutual relationship of said pillars. In this paper, shown the elements of the road and the environment, which have a negative effect on road safety. The basis for the study is the data gathered from in-depth analyzes of traffic accidents that occurred in 2016 in the city of Belgrade. The study systematized times influential factors and environments associated with the occurrence of traffic accidents wherein are accent the elements that are in connection with the occurrence of traffic accidents.

Keywords: road, environment, traffic safety, accident, effect.

1. УВОД

Саобраћај је егзистенцијална функција животног простора која има циљ да повеже друге функције, уз што мање негативне ефекте и последице (Липовац и др., 2015). Са порастом индустрије, расте и број кретања, размене робе, што утиче на развој саобраћаја. Међутим, развој саобраћаја прате и негативни ефекти. Тако се последњих година све више пажње посвећује утицају саобраћаја на животну средину. Значајно је истаћи да, поред негативних утицаја на животну средину, саобраћај има и бројне остале негативне утицаје. Аутори Липовац и др., 2015, као најзначајније негативне ефекте саобраћаја издвајају:

- исцрпљивање природних ресурса,
- загађивање околине отпадним материјалима,

- загађивање околине издувним гасовима,
- бука,
- настрадали у саобраћајним незгодама (лакше повређена, теже повређена и погинула лица),
- материјалне штете, губици и трошкови у вези са саобраћајним незгодама,
- физичка неактивност,
- стресови проузроковани учешћем у саобраћају,
- социјално загађивање, тј. загађивање међуљудских односа, проузроковано учешћем у саобраћају, а посебно учешћем у саобраћајним незгодама.

Према подацима Шведске администрације за путеве, која је извршила процену здравствених трошкова, насталих од последица саобраћаја, највећи део здравствених трошкова од саобраћаја, чине физичка неактивност (34%), загађивање ваздуха (33,5%), саобраћајне незгоде (29%) и бука (3,5%). Само 12% здравствених трошкова од саобраћајних незгода чине "лако видљиви" трошкови, губици и штете (трошкови лечења, администрација, губитак производње и сл.), док око 88% представљају нематеријални трошкови. Физичка неактивност и саобраћајне незгоде доводе до већих трошкова везаних за болести, а загађење ваздуха и бука, доводе до већих трошкова који се односе на смрт (Липовац и др., 2015).

Подаци на глобалном нивоу показују да у свету сваке године више од 1,2 милиона људи погине у саобраћајним незгодама, док до 50 милиона бива повређено, што индиректно за последицу има растућу епидемију здравствених проблема становништва. Процене су да страдање у саобраћајним незгодама представља девети узрок смртог страдања у свим старосним групама, док у групи становништва од 15 до 29 година, страдање у саобраћају представља водећи узрок смртог страдања. Према проценама Светске Здравствене Организације, у неразвијеним и средње развијеним земљама, страдање у саобраћајним незгодама доводи до економских губитака до 5% бруто домаћег производа (WHO, 2015).

У неразвијеним и средње развијеним земљама живи 82% светске популације и у њима се налази само 54% регистрованих возила у свету. У односу на популацију и степен моторизације, у неразвијеним и средње развијеним земљама догађа се несразмерно велики број погинулих. Наиме, 90% свих смртних страдања у свету догоди се у неразвијеним и средње развијеним земљама (WHO, 2015).

У свету годишње на 100.000 становника, просечно 17,1 становник погине у саобраћајним незгодама, при чему је тај однос неуравнотежен између земаља у зависности од степена развоја. У неразвијеним земљама, просечно 24,1 становник погине у саобраћајним незгодама; у средње развијеним земљама 18,4; док је у високо развијеним земљама најмањи ризик страдања од последица саобраћајних незгода (9,2), (WHO, 2015). Према критеријуму Светске Здравствене Организације, Србија се налази у групи средње развијених земаља, док се у погледу ризика страдања у саобраћају, Србија налази у групи високо развијених земаља. Наиме, са 8,7 погинулих на 100.000 становника Србија се налази испод просека високо развијених земаља у свету (WHO, 2015 и Агенција за безбедност саобраћаја Републике Србије).

Велики број различитих фактора доприносе настанку саобраћајних незгода, који се могу објединити у четири групе фактора: човек-возило-пут-окружење. Посматрано у комбинацији са осталим утицајним фактором, утицај пута на настанак саобраћајних незгода евидентиран је код приближно трећине саобраћајних незгода (PIARC, 2003). Као самосталан фактор настанка саобраћајних незгода, пут је евидентиран код 3% саобраћајних незгода; у садејству са фактором човек код 26% саобраћајних незгода; док у садејству са фактором возило код 1% саобраћајних незгода (PIARC, 2003).

Према подацима Агенције за безбедност саобраћаја Републике Србије, у 2016. години, пут је био утицајни фактор повезан са настанком незгоде у 5% свих незгода, при чему је утицај пута чешће присутан код саобраћајних незгода са материјалном штетом (6%) у односу на саобраћајне незгоде са настрадалим лицима (4%). Ако се посматрају саобраћајне незгоде са погинулим лицима, утицајни фактор пута повезан са настанком незгоде присутан је код 5% саобраћајних незгода (АБС, 2016).

Пут има задатак да омогући свакодневну реализацију саобраћаја, односно да омогући одрживи транспорт тако да се активности на путу спроводе на безбедан начин. Због тога одговарајуће пројектне карактеристике пута омогућавају да се саобраћај уопште може и обављати путевима, а могућ је утицај карактеристика пута и на ризик настанка незгода, који у највећој мери зависи од тога како учесници у саобраћају схватају пут и окружење (WHO, 2004).

По правилу, путна мрежа неког подручја састоји се од различитих категорија саобраћајница, почев од аутопутева, па све до путева у насељима. Сматра се да су аутопутеви најбезбеднија категорија саобраћајница, јер се за разлику од осталих категорија саобраћајница, на аутопутевима ретко догађају саобраћајне незгоде. Разлоге у оваквим чињеницама треба тражити у томе што су стандарди пројектовања аутопутева значајно већи и строжи због већих брзина, у томе што постоји потпуна контрола приступа, у томе што су специфични начини укрштања (денivelисани) који смањују број могућих конфликта, итд. За разлику од аутопутева, путеви у насељима, а посебно путеви ван насеља представљају ризичније категорије саобраћајница. Наиме, Elvik and Vaa (2004) су показали да је заступљеност страдања на аутопутевима у односу на остале категорије саобраћајница веома мала и да је највећи ризик смртног страдања на путевима ван насеља (4 до 6 пута већи у односу на аутопутеве). Додатно, лоше стање површине коловоза, као и пропусти у пројектовању и одржавању путева значајно умањују стање безбедности саобраћаја. Искуства показују да неочекиване промене путног окружења и стања пута имају највећи утицај на ризик страдања у саобраћајним незгодама (нпр. ударне рупе, изненадна појава леда на коловозу, изненадна промена пружања пута, путног окружења и слично).

2. МЕТОДЕ УНАПРЕЂЕЊА БЕЗБЕДНОСТИ ПУТА

Ниво безбедности пута представља резултат комбинације функционалности путне мреже, хомогености путне мреже, могућности предвиђања путног окружења, као и обима саобраћаја. Директивом Европске комисије 2008/96/ЕЦ о "Управљању безбедношћу путном инфраструктуром", дефинисани су циљеви да се осигура да се безбедност пута интегрише у планирање, пројектовање и функционисање целокупне путне инфраструктуре на Транс-европској мрежи путева. Управљачи путевима морају да обезбеде безбедно функционисање саобраћаја на постојећим путевима. Да би овај циљ био остварен, треба променити традиционалне приступе, који подразумевају реактивно деловање.

Према наведеној Директиви Европске комисије, методе унапређења безбедности пута, подељене су проактивне и реактивне. Проактивне мере унапређења безбедности пута обухватају:

- Оцена утицаја новог пута на безбедност саобраћаја (Road safety impact assessment);
- Ревизија безбедности саобраћаја (Road safety audit);
- Провера безбедности саобраћаја (Road safety inspection);
- Мапирање ризика (Road assessment program - risk mapping);

док реактивне мере унапређења безбедности пута обухватају:

- Независне истраге саобраћајних незгода са најтежим последицама – дубинске анализе (In-depth study)
- Идентификација и управљање црним тачкама (Black spot identification and management);
- Управљање безбедношћу путне мреже (Network safety management)

Поред наведене класификације, методе унапређења пута је могуће поделити на методе које се односе на нове путеве (Оцена утицаја и Ревизија безбедности саобраћаја), као и на методе које се односе на постојеће путеве.

Процена утицаја новог пута на безбедност саобраћаја обезбеђује анализу безбедности саобраћаја у свим сферама које се односе на планирање и одржавање путева. Поред тога, ова метода проширује анализе на целокупну путну мрежу, и то посебно на делове путне мреже на којима постоје варијације у погледу саобраћајних токова. Циљеви процене утицаја новог пута су да безбедност буде интегрисана на целокупној путној мрежи, у фазама планирања, пројектовања, експлоатације и одржавања путева. Предности примене ове методе се огледају у обезбеђивању безбедносних стандарда на путној мрежи за различите категорије учесника у саобраћају, укључујући и рањиве учеснике у саобраћају (пешаке и бициклисте), као и јавни превоз.

Ревизија безбедности саобраћаја је независна и системска оцена нивоа безбедности пројекта пута, пројекта саобраћајне сигнализације или опреме пута. Примена ревизије безбедности саобраћаја обухвата сагледавање захтева за безбедним учешћем свих учесника у саобраћају, како моторног саобраћаја, тако и рањивих учесника. Ревизија безбедности саобраћаја има за циљ да идентификује све проблеме и недостатке безбедног функционисања саобраћаја на будућем путу, као и да представи препоруке за њихово отклањање или смањење. У поређењу са појединим фазама пројектовања пута,

време потребно за спровођење ревизије је врло кратко, а корекција недостатака пута пре почетка изградње, не само да спречава настанак саобраћајних незгода, већ искључује потребу за скупом реконструкцијом пута, након изградње.

Провера безбедности пута спроводи се на постојећем путу или делу постојећег пута и служи за идентификацију недостатака пута који могу довести до саобраћајних незгода. С обзиром на проактиван карактер процедуре провере безбедности пута, циљ провере представља идентификацију постојећих проблема путу, како би се дефинисале мере интервенције у циљу унапређења безбедности пута. Проверу безбедности пута спроводе независна стручна лица или тим са искуством на пословима безбедности саобраћаја, анализе саобраћајних незгода, саобраћајног инжењерства, анализе понашања корисника путева или пројектовања путева. Лица која не би требало да учествују у провери безбедности пута су лица која раде на редовном одржавању путева односно учествују у планирању редовног одржавања деоница. Карактеристике пута које се анализирају реализацијом провере безбедности пута су груписане у осам целина, и то: функција пута; попречни пресек пута; траса пружања пута; раскрснице (укрштања); јавни и приватни сервиси, услуге и простор за одмор, јавни превоз; рањиви учесници у саобраћају; саобраћајна сигнализација, обележавање и осветљење; и окружење и пасивна безбедност пута.

Мапирање ризика се према досадашњој светској и домаћој пракси врши применом тзв. RAP протокола. На територији Европе примењује се тзв. EuroRAP оцена путева. Она укратко речено подразумева да се у оцену пројектно-безбедносних карактеристика укључе карактеристике пута које могу имати утицај на безбедност пута (ширина, саобраћајница, број саобраћајница, укрштања, адекватна позиција заштитних ограда итд.).

Дубинска анализа саобраћајних незгода је процес прикупљања подата о саобраћајној незгоди, као и података са лица места незгоде, након чега се детаљно анализирају саобраћајне незгоде које су се догодиле на одређеном путу, а у циљу сагледавања евентуалних проблема пута који су допринели настанку саобраћајне незгоде. Предности примене дубинских анализа саобраћајних незгода су: објективна анализа околности настанка саобраћајних незгода, као и објективно утврђивање узрока саобраћајне незгоде, доприноса утицаја пута настанку саобраћајне незгоде и слично. На основу тако прикупљених података, могуће је објективно сагледати допринос пута настанку саобраћајне незгоде, а такође и дефинисати одговарајуће мере унапређења безбедности пута.

Идентификација и управљање црним тачкама подразумева сагледавање броја и последица саобраћајних незгода према стационажи пута, при чему се на основу различитих критеријума дефинишу "црне тачке" односно деонице пута на којима се догађа већи број саобраћајних незгода у односу на остали део путне мреже.

Укратко, управљање безбедношћу путне мреже подразумева прикупљање података о путевима, саобраћају и саобраћајним незгодама, рангирање и идентификација опасних деоница путева, планирање и имплементација мера унапређења безбедности путне мреже, као и анализу уштеда.

3. ПРЕДМЕТ И МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА

Утицај пута на настанак саобраћајне незгоде је врло тешко сагледати на основу званичних података државних органа. Наиме, увиђајне екипе су превасходно орјентисане на утврђивање одговорности учесника незгоде, па се у том смеру врши и прикупљање података. Утицај пута повезан са настанком саобраћајне незгоде још увек представља непознаницу увиђајним екипама. Са друге стране, увиђајне екипе нису ни компетентне да на одговарајући начин сагледају све утицаје повезане са настанком саобраћајне незгоде, нити то представља њихов задатак. У том смислу, анализе утицаја пута на настанак саобраћајне незгоде, на основу званичних статистика је проблематично са аспекта поузданости закључака.

Анализа утицаја пута на настанак саобраћајне незгоде, представљен у овом истраживању, извршена је на основу података прикупљених у оквиру независних истрага саобраћајних незгода са погинулим лицима – дубинских анализа. Дубинске анализе саобраћајних незгода реализоване су оквиру пројекта "Дубинске анализе саобраћајних незгода са погинулим лицем на територији града Београда" (у даљем тексту пројекат), током 2016. године. Наручилац пројекта је Градска управа града Београда – Градски Секретаријат за саобраћај, при чему и резултати пројекта представљају власништво наручиоца. У овом

истраживању, уз дозволу наручиоца биће објављени, делимични резултати дубинских анализа саобраћајних незгода, са посебним освртом повезаност пута и настанка саобраћајне незгоде.

Током реализације пројекта истраживачки тим Саобраћајног факултета извршио је прикупљање података за сваку саобраћајну незгоду са погинулим лицем која се током 2016. године догодила на територији града Београда. Истраживачки тим пројекта се састојао од саобраћајних инжењера. У оквиру пројекта, прикупљени су подаци из полицијских извештаја, подаци са увиђаја саобраћајне незгоде, подаци о месту саобраћајне незгоде, наводима о настанку саобраћајне незгоде учесника, подаци о возилима, учесницима, као и сви остали расположиви подаци о саобраћајној незгоди. Од укупно 91 саобраћајне незгоде која је била анализе пројекта, истраживачки тим Саобраћајног факултета је, уз увиђајне екипе, присуствовао вршењу увиђаја, прикупљајући неопходне податке и на тај начин.

На основу прикупљених података истраживачки тим Саобраћајног факултета је извршио анализе саобраћајних незгода, реконструисао начин настанка саобраћајне незгоде, тако да су утврђени сви утицајни фактори повезани са настанком саобраћајне незгоде. На основу реконструкције саобраћајне незгоде и прикупљених података о месту саобраћајне незгоде, истраживачки тим је сагледао утицај пута на настанак саобраћајне незгоде. Поред утицајних фактора повезаних са путем, анализирани су и остали утицајни фактори, који се односе на човека, возило и окружење.

Прикупљени подаци су разврстани и формирана је база података о саобраћајним незгодама за које је вршена дубинска анализа. База података садржи све елементе повезане са саобраћајном незгодом, изузев личних и идентификационих података учесника незгоде. У оквиру базе података налазе се и утицајни фактори повезани са настанком предметних саобраћајних незгода.

Већина саобраћајних незгода се догађа у комбинацији више утицајних фактора (PIARC, 2003). Фактори повезани са настанком саобраћајних незгода које су биле предмет пројекта, у највећем броју, представљају комбинацију више утицајних фактора. Због тога, у овом истраживању представљени су утицајни фактори који се односе на пут односно утицајни фактори повезани са путем и осталим факторима.

Предмет истраживања представљају саобраћајне незгоде које су се догодиле на различитим категоријама путева. Тако, предмет истраживања обухватају незгоде које су се догодиле у насељу и ван насеља, док су незгоде које су се догодиле на аутопуту изузете из истраживања. С обзиром на период обухваћен истраживањем (годину дана), предмет истраживања представљају и саобраћајне незгоде које су се догодиле у различитим временским условима, различитим условима видљивости, различитим учесницима у саобраћају и слично.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Анализа прикупљених података током реализације пројекта показује да се највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду догоди на двотрачном путу са разделном линијом (74%), док се на путу са физички раздвојеним коловозом и двотрачном путу без разделне линије догоди приближно исти број саобраћајних незгода са погинулим лицем.

Табела 1. Карактеристике коловоза и ограничење брзине на локацијама саобраћајних незгода

Карактеристике коловоза	Ограничење брзине										Укупно (%)	
	30 (%)		40 (%)		50 (%)		60 (%)		80 (%)			
Двотрачни пут без разделне линије	-	-	-	-	4	8%	-	-	6	18%	10	11%
Двотрачни пут са разделном линијом	2	100%	1	100%	33	69%	6	86%	25	76%	67	74%
Пут са физички раздвојеним коловозом, без ограде	-	-	-	-	7	15%	-	-	2	6%	9	10%
Пут са физички раздвојеним коловозом, са оградом	-	-	-	-	1	2%	1	14%	-	-	2	2%
Једносмерна улица	-	-	-	-	2	4%	-	-	-	-	2	2%
Остало	-	-	-	-	1	2%	-	-	-	-	1	1%
Укупно	2	2%	1	1%	48	53%	7	8%	33	36%	91	100%

Више од половине саобраћајних незгода са погинулим лицем у Београду догоди се на путевима¹ на којима је брзина кретања ограничена до 50 km/h, док се свега 36% незгода догоди на путевима на којима је брзина кретања ограничена до 80 km/h (Табела 1). Већина саобраћајних незгода (82%) са погинулим лицима догоди се на сувом коловозу.

Анализа карактеристика окружења места саобраћајне незгоде показује да се више од половине саобраћајних незгода са погинулим лицима догоди у условима руралног окружења, који представљају услове одвијања саобраћаја у окружењу које није изграђено, нити постоје елементи урбанизације. У мешовитом саобраћајном окружењу односно делимично изграђеном окружењу догоди се 29% саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду. Занимљиво је да се најмањи број незгода са погинулим лицем у Београду догоди у урбаном односно изграђеном делу града (Табела 2).

Код настанка саобраћајне незгоде значајан утицај имају и услови видљивости на месту незгоде, због чега су детаљно анализирани услови видљивости код настанка саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду. Очекивано, већина саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду догоди се у ноћним условима (54%), од чега се већи проценат незгода догоди на неосветљеном делу коловоза (35%) у односу на осветљени део коловоза (19%). Значајан проценат незгода са погинулим лицима догоди се и у условима дневне светлости (44%). Најмањи проценат саобраћајних незгода са погинулим лицима догоди се у условима свитања односно сумрака (Табела 2).

Табела 2. Услови видљивости и карактеристике окружења

Услови видљивости у време незгоде	Карактеристике окружења						Укупно (%)	
	Урбано (%)		Рурално (%)		Мешовито (%)			
Дневна светлост	8	44%	20	43%	12	46%	40	44%
Ноћ, неосветљено	2	11%	24	51%	6	23%	32	35%
Ноћ, осветљено	8	44%	1	2%	8	31%	17	19%
Сумрак/свитање	-	-	2	4%	-	-	2	2%
Укупно	18	20%	47	52%	26	29%	91	100%

Недостаци саобраћајне сигнализације могу у значајној мери утицати на погрешно сагледавање саобраћајне ситуације од стране учесника у саобраћају, што често може довести и до настанка саобраћајних незгода. На лицу места сваке саобраћајне незгоде, као и у окружењу саобраћајних незгода анализирано је стање саобраћајне сигнализације, при чему су посебно анализирани евентуални недостаци саобраћајне сигнализације. Свакако да се највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицем догоди на делу пута на коме не постоје недостаци саобраћајне сигнализације, док се 27% незгода догоди на путевима на којима постоје недостаци саобраћајне сигнализације. Код приближно сваке десете саобраћајне незгоде евидентиран је недостатак саобраћајног знака (10%), затим следи недостатак у погледу заклоњеног знака, неправилно позициониран саобраћајни знак (Табела 3).

Табела 3. Недостаци саобраћајне сигнализације у зависности од карактеристика окружења

Недостаци саобраћајне сигнализације	Карактеристике окружења						Укупно (%)	
	Урбано (%)		Рурално (%)		Мешовито (%)			
Нема недостатака	15	83%	35	74%	16	62%	66	73%
Неправилно позициониран знак	1	6%	1	2%	-	-	2	2%
Знак доводи у заблуду	-	-	1	2%	-	-	1	1%
Знак недостаје	1	6%	3	6%	5	19%	9	10%
Знак оштећен или деформасан	-	-	-	-	1	4%	1	1%
Знак заклоњен	1	6%	-	-	2	8%	3	3%
Остали недостаци	-	-	7	15%	2	8%	9	10%
Укупно	18	20%	47	52%	26	29%	91	100%

¹ У овом контексту под појмом путеви подразумевају се улице и путеви односно све јавне површине намењене за одвијање саобраћаја

Остали недостаци саобраћајне сигнализације који су представљени у Табели 3 односе се на присуство саобраћајних знакова који нису у складу са Правилником о саобраћајној сигнализацији, већ представљају саобраћајне знакове налик одговарајућим саобраћајним знаковима.

Значај део овог истраживања представља сагледавање утицајних фактора код настанка саобраћајних незгода. Утицајни фактори код настанка саобраћајне незгоде представљају факторе повезане са настанком саобраћајне незгоде, при чему нису утврђивани доприноси појединачних утицајних фактора. Наиме, како је већ назначено, већина саобраћајних незгода се догоди у условима комбинације већег броја утицајних фактора, при чему постоје значајни проблеми да се квантитативно утврди утицај појединачног фактора. Због тога су при вршењу дубинских анализа саобраћајних незгода дефинисани најважнији утицајни фактори, као и сви присутни утицајни фактори, код настанка саобраћајних незгода са погинулим лицима.

Најважнији утицајни фактор код настанка саобраћајних незгода са погинулим лицем је фактор човек (95%), са широким спектром околности и грешака. Појединачно, непромишљене радње учесника саобраћајне незгоде чине највеће учешће код настанка саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду (36%). Погрешно извођење радњи у саобраћају су довеле до настанка 18% саобраћајних незгода са погинулим лицем. Психофизичко стање учесника саобраћајне незгоде повезано је са 8% незгода са погинулим лицем.

Анализа резултата прикупљених података показује да је утицај пута доминантан фактор код настанка 3% саобраћајних незгода са погинулим лицем. Добијени резултати практично значе да се годишње у Београду 3 саобраћајне незгоде са погинулим лицем догоди због доминантног утицаја фактора пута (Табела 4). Неисправности возила доминанти су утицајни фактор код настанка 1% саобраћајних незгода са погинулим лицима.

Табела 4. Најважнији утицајни фактор код настанка саобраћајних незгода са погинулим лицима

Најважнији утицајни фактор при настанку СН	Карактеристике окружења						Укупно (%)		
	Урбано (%)		Рурално (%)		Мешовито (%)				
Утицај пута	-	-	1	2%	2	8%	3	3%	
Неисправност возила	-	-	1	2%	-	-	1	1%	
Човек...	...непромишљене радње	4	22%	17	36%	12	46%	33	36%
	...погрешно извођење радњи	5	28%	7	15%	4	15%	16	18%
	...психофизичко стање	-	-	5	11%	2	8%	7	8%
	...непрописно понашање	-	-	2	4%	-	-	2	2%
	...погрешно виђење пута и саобраћаја	-	-	-	-	1	4%	1	1%
	...грешке пешака	9	50%	14	30%	4	15%	27	30%
Укупно човек	18	100%	45	96%	23	88%	86	95%	
Остали фактори	-	-	-	-	1	4%	1	1%	
Укупно	18	20%	47	52%	26	29%	91	100%	

Ако се посматра у комбинацији са осталим утицајним факторима, фактор пута присутан је код 27% саобраћајних незгода. Добијени подаци указују да се, просечно годишње, 25 саобраћајних незгода са погинулим лицем у Београду догоди тако да је фактор пута у различитој мери утицао на настанак саобраћајне незгоде (Табела 4).

Фактор човек-пут утицао је на настанак 26% саобраћајних незгода са погинулим лицем у Београду, док је комбинација фактора човек-пут-возило евидентиран код 1% незгода. Резултати и овог истраживања показују да је фактор човек најзначајнији за стање безбедности саобраћаја, с обзиром да се 66% незгода догоди услед присуства утицајних фактора повезаних само са фактором човек. Комбинација утицајних фактора човек-возила повезани су са 5% саобраћајних незгода са погинулим лицем у Београду.

Табела 5. Утицајни фактори код настанка саобраћајних незгода са погинулим лицима

Утицајни фактори	Пешак (%)		СН са једним возилом (%)		СН са најмање два возила, без скретања (%)		СН са најмање два возила, скретање или прелазак (%)		Укупно (%)	
	Број	Процент	Број	Процент	Број	Процент	Број	Процент	Број	Процент
Пут-Човек	13	36%	3	14%	5	19%	3	43%	24	26%
Пут-Возило-Човек	-	-	1	5%	-	-	-	-	1	1%
Возило-Човек	-	-	1	5%	4	15%	-	-	5	5%
Човек	23	64%	15	71%	18	67%	4	57%	60	66%
Остало	-	-	1	5%	-	-	-	-	1	1%
Укупно	36	40%	21	23%	27	30%	7	8%	91	100%

Процентуално највеће учешће саобраћајних незгода са погинулим лицем догоди се са учешћем пешака (40%), затим следе незгоде најмање два возила без скретања (30%), саобраћајне незгоде са једним возилом (23%) и саобраћајне незгоде са најмање два возила уз скретање или прелазак возила. Ако се посматра учешће утицајних фактора, према типовима саобраћајних незгода, може се закључити да је фактор пут најчешће присутан код саобраћајних незгода са најмање два возила у којима долази до скретања или преласка возила. Код саобраћајних незгода са пешацима, утицајни фактор пута је евидентиран код 36% незгода. У саобраћајним незгода са погинулим лицем у којима је учествовало једно возило, доминантан је утицај фактора човек (71%), затим следи комбинација фактора човек-пута (14%).

4.1. Примери утицајних фактора пута повезаних са настанком саобраћајних незгода

У овом делу истраживања представљени су примери утицајних фактора пута повезаних са настанком саобраћајне незгоде. Сваки представљени пример подразумева да се на том месту догодила најмање једна саобраћајна незгода са погинулим лицем, при чему су недостаци пута, видљиви на сликама повезани са стварањем опасне ситуације и настанком саобраћајне незгоде.

У приградским општинама Београда изражен је недостатак одговарајућих пешачких површина односно недостатак одговарајуће уличне расвете, због чега кретање пешака у ноћним условима представља опасност. На сликама 1 и 2 видљиви су недостаци пута који се огледају у непостојању површина за кретање пешака односно непостојање одговарајуће уличне расвете, који су утицали на стварање опасне ситуације у којима су учествовали пешаци. Саобраћајне незгоде на наведеним локацијама догодиле су се при кретању пешака коловозом у ноћним условима, при чему је дошло до сустизања од стране путничког аутомобила. Карактеристике оба места саобраћајне незгоде је да се налазе у насељу, да постоји потреба за кретањем пешака у ноћним условима.



Слика 1. – Непостојање површина за кретање пешака



Слика 2. – Непостојање одговарајуће расвете у насељу

Пешаци по правилу, пешаци при кретању од стајалишта јавног превоза углавном бирају најкраћи пут. Уколико се стајалишта јавног превоза налазе на средини коловоза, а ван коловоза постоји значајан број објеката атракције, при чему је положај пешачких прелаза удаљен од стајалишта јавних превоза,

очекиван је већи број непрописних прелазака пешака. Наиме, теренска истраживања локација саобраћајних незгода су показала да чак и на недавно реконструисаним саобраћајницама у Београду значајан број пешака непрописно прелази коловоз у висини стајалишта јавног превоза и у близини пешачких прелазак. Безбедан начин вођења пешака у зонама стајалишта јавног превоза представља значајан изазов, који се мора имати у виду при планирању и пројектовању стајалишта јавног превоза. Неодговарајуће означавање стајалишта јавног превоза, као и непостојање одговарајућих пешачких површина у зонама стајалишта јавног превоза представља значајан недостатак пута, који је неретко повезан са настанком саобраћајне незгоде.



Слика 3. – Неодговарајуће вођење пешачких токова



Слика 4. – Непостојање одговарајуће стајалишта јавног превоза

За безбедно функционисање саобраћаја, посебан значај има правилно сагледавање саобраћајне ситуације. У том смислу, утицај пута и окружења је посебно значајан. Возачи, при кретању путем, не смеју бити доведени у изненадну ситуацију, тако да рефлексно морају да предузму реакцију како би наставили своје кретање. Појава воде на коловозу, такве дубине да може дестабилизovati кретање возила, представља недостатак пута који је повезан са стварањем опасне ситуације. Такође, "оптичко" вођење саобраћаја, односно постојање елемената окружења који возаче могу довести у заблуду у погледу наставка пружања пута, попут делимичног наставка пута у правцу, иако се пут пружа у оштрој кривини, представља недостатак пута који може утицати на погрешно сагледавање пружања пута, а самим тим и на силазак возила са коловоза.



Слика 5. – Задржавање воде на коловозу



Слика 6. – Неодговарајуће усмеравање саобраћаја

5. ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА И ЗАКЉУЧАК

Карактеристике пута на којима се догађаја највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицем могу се објаснити структуром путева у Београду. Наиме, највећи део путне мреже Београда чине двотрачни путеви на којима се налази разделна линија. Значајно учешће пута са физичким раздвојеним коловозним трака може се евентуално објаснити да се таквим путевима постижу веће брзине кретања, због чега су и веће последице саобраћајних незгоде. Свакако да значајно учешће двотрачног пута без разделне линије може указати да још увек у Београду постоје значајни недостаци путне инфраструктуре, и да се управо у таквим околностима догађа значајан број незгода са погинулима.

На већем делу путне мреже града Београда брзина кретања је ограничена условима у насељу, због чега се и очекивано највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицима догоди на путевима где је брзина кретања ограничена до 50 km/h. Поред тога што би се евентуално могло очекивати да се значајан број незгода догоди на клизавом коловозу у условима кише и слично, резултати овог истраживања показују супротно. Наиме, највећи број саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду догоди се на путевима са сувим коловозним застором.

На основу сагледавања пута и окружења возач прилагођава своју брзину кретања, због чега је целокупан амбијент око пута посебно значајан за правилно сагледавање саобраћајне ситуације. У том смислу, мешовито окружење пута које возачима не даје јасну слику да се ради о условима у насељу односно ван насеља, представља проблем за безбедно функционисање саобраћаја. Резултати овог истраживања показали су да се управо приближно трећина саобраћајних незгода са погинулим лицима догоди у нејасном путном окружењу. У таквим околностима потребно је додатним елементима пута односно саобраћајном сигнализацијом или евентуалном реконструкцијом, путно окружење ускладити са захтевима и безбедном функционисању саобраћаја. Карактеристични примери нејасног путног окружења у Београду су, када путеви из надлежности Пuteва Србије пређу у надлежност града Београда, при чему се током више година не изврше одговарајуће измене и усклади начин регулисања саобраћаја, како би се целокупни амбијент пута одговарао условима саобраћаја.

Резултати овог истраживања показали значајан проблем безбедног одвијања саобраћаја у ноћним условима у Београду. Пешаци у значајном броју, у ноћни условима учествују у саобраћају, због чега на деловима путне мреже (у насељу) на којима не постоји одговарајућа улична расвета, постају посебно угрожени у саобраћају. Утицајни фактор пута повезан са настанком саобраћајних незгода са пешацима износи 36% и најчешће се односи на недостатак одговарајућих површина за кретање пешака, непостојање одговарајуће уличне расвете и неодговарајуће вођење пешачких токова односно положаја пешачких прелаза.

Поред осталих елемената, недостаци саобраћајне сигнализације значајно утичу на погрешно сагледавање саобраћајне ситуације од стране учесника у саобраћају. С обзиром на наведено, чак и "мали" недостаци саобраћајне сигнализације имају значајан негативан утицај на стање безбедности саобраћаја.

Значај део овог истраживања представља сагледавање утицајних фактора настанка саобраћајних незгода. Утицајни фактори представљају факторе повезане са настанком саобраћајне незгоде, при чему нису утврђивани доприноси појединачних утицајних фактора. Наиме, како је већ назначено, већина саобраћајних незгода се догоди у условима комбинације већег броја утицајних фактора, при чему је постоје значајни проблеми да се квантитативно утврди утицај појединачног фактора. Због тога су при вршењу дубинских анализа саобраћајних незгода дефинисани најважнији утицајни фактори, као и сви присутни утицајни фактори, повезани са настанком саобраћајне незгоде.

Резултати овог истраживања показују да фактор човек има највећи утицај на стање безбедности саобраћаја, а што је сагласно резултатима других истраживања (PIARC, 2003).

У комбинацији са осталим утицајним факторима, фактор пута присутан је код 27% саобраћајних незгода са погинулим лицима у Београду. Добијени подаци указују да се унапређењем безбедности пута, на територији града Београда, може утицати на смањење броја погинулих за приближно четвртину. С обзиром на трошкове којима је изложено друштво услед настанка саобраћајних незгода са погинулим лицима, оправдано се намеће потреба унапређења безбедности пута.

С обзиром да саобраћајне незгоде представљају један од најзначајнији негативних ефеката саобраћаја, при чему резултати овог истраживања показују да фактор пут у значајном проценту доприноси настанку тих негативних ефеката, потребно је успоставити стабилан и континуиран систем унапређења безбедност пута на територији града Београда, као и на територији Републике Србије. Резултати овог истраживања су показали бројне проблеме безбедног одвијања саобраћаја, који су повезани са факторима пут и окружење.

Захвале

Захваљујемо се Градској управи града Београда – Секретаријату за саобраћај за реализацију пројекта Дубинских анализа саобраћајних незгода са погинулим лицима на територији града Београда, као и за дозволу коришћења резултата пројекта у истраживачке сврхе.

Литература

- [1] Пројекат Дубинске анализе саобраћајних незгода са погинулим лицима на територији града Београда, Градска управа града Београда – Секретаријат за саобраћај, Саобраћајни факултет у Београду, Београд 2016.
- [2] Марковић, Н., М. Вујанић, К. Липовац, Б. Антић, Д. Пешић (2015б). Методологија дубинских анализа саобраћајних незгода, Пут и саобраћај, бр. 2, стр. 51-58, Београд
- [3] Марковић, Н., Вујанић, М., Пешић, Д., Антић, Б. Независне оцене утицаја пута на настанак саобраћајних незгода са учешћем пешака на територији града Београда, 11. Међународна конференција Безбедност саобраћаја у локалној заједници, Србија, Врњачка Бања, 13 – 16. април 2016
- [4] Липовац, К., Јовановић, Д., Вујанић, М. 2015. Основе безбедности саобраћаја. Криминалистичко-полицијска академија, Београд, 2015.
- [5] Липовац, К. (2008). Безбедност саобраћаја. Службени лист, Београд.
- [6] World Health Organization. Global Status Report on Road Safety 2015.
- [7] Weijermars, W.A.M. (ed.). (2008). Safety Performance indicators for Roads: Pilots in the Netherlands, Greece, Israel and Portugal. Deliverable D3.10c of the EU FP6 project SafetyNet. Доступно преко: http://erso.swov.nl/safetynet/fixed/WP3/sn_wp3_d3p10c_spi_for_roads_pilots_in_four_countries_final%5B1%5D.pdf (посећено 12.06.2017. године).
- [8] PIARC, (2003). Road safety manual.
- [9] Pešić, D., Vujanić, M., Lipovac, K., Antić, B. (2014). In-depth analyses of road accidents, state-of-the-art and the possibilities for the implementation in the Republic of Serbia, Road Accidents prevention 2014, XII International Symposium, 19-29.
- [10] <http://bazabs.abs.gov.rs/> (посећено 11.06.2017. године)
- [11] Hakkert, A.S., Gitelman, V. and Vis, M.A. (Eds.). (2007). Road Safety Performance Indicators: Theory. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet. Доступно преко: http://erso.swov.nl/safetynet/fixed/WP3/sn_wp3_d3p6_spi_theory.pdf (посећено 11.06.2017. године).
- [12] Elvik, R., Vaa, T. (2004). The Handbook of Road Safety Measures. Elsevier

UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Boris Antić, Dalibor Pešić, Krsto Lipovac, Jelica Davidović¹

¹ Univerzitet Beogradu – Saobraćajni fakultet, b.antic@sf.bg.ac.rs

² Univerzitet Beogradu – Saobraćajni fakultet, d.pesic@sf.bg.ac.rs

³ Univerzitet Beogradu – Saobraćajni fakultet, k.lipovac@sf.bg.ac.rs

⁴ Univerzitet Beogradu – Saobraćajni fakultet, jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Širom sveta su sprovedene studije koje su ispitivale uticaj meteoroloških ili vremenskih prilika na bezbednost saobraćaja koje ukazuju da prilikom loših vremenskih uslova dolazi do smanjenja trenja između pneumatika i površine kolovoza, da se smanjuje vidljivost i da je otežano upravljanje vozilom. Jake padavine utiču na smanjenje mobilnosti i značajno povećavaju učestalost saobraćajnih nezgoda. Nasuprot tome visoke temperature dovode do intenzivnog razvoja umora i povećanja saobraćajnih nezgoda sa teškim posledicama. Naime, meteorološki faktori deluju na automobil i uslove saobraćaja – mehanički (na primer: vetar, kiša, sneg, poledica), utiču na vidljivost (magla, sumaglica, mrak) i deluju preko psiho-fizioloških funkcija vozača (na primer: atmosferski pritisak, temperatura i vlažnost vazduha). Cilj ovog rada je da se primenom metoda ekspertize saobraćajnih nezgoda i statistike utvrdi da li i u kojoj meri vremenski uslovi utiču na nastanak saobraćajnih nezgoda, kao i korelacija između pojedinih uticajnih elemenata.

Ključne reči: bezbednost saobraćaja, saobraćajne nezgode, vremenski uslovi, ekspertize

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON ROAD SAFETY

Boris Antić, Dalibor Pešić, Krsto Lipovac, Jelica Davidović

¹ University of Belgrade - Transport and Traffic Engineering, b.antic@sf.bg.ac.rs

² University of Belgrade - Transport and Traffic Engineering, d.pesic@sf.bg.ac.rs

³ University of Belgrade - Transport and Traffic Engineering, k.lipovac@sf.bg.ac.rs

⁴ University of Belgrade - Transport and Traffic Engineering, jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs

Abstract: Around the world have conducted studies that have examined the impact of meteorological and weather conditions on road safety, which indicate that during bad weather conditions leads to reduced friction between tire and road surface that reduces visibility and is difficult to steer. High precipitation affect the decrease in mobility and significantly increase the incidence of traffic accidents. In contrast high-temperature of the lead to the development of intense tiredness and an increase in traffic accidents with serious consequences. Namely, influence factors acting on the car and the traffic - mechanically (for example wind, rain, snow, ice), affect the visibility (fog, mist, darkness), and act via a psycho-physiological functions of the driver (for example, air pressure, temperature and humidity). The aim of this study was to use the method of expertise statistics of traffic accidents and to determine whether and to what extent the weather conditions affect the occurrence of traffic accidents, as well as the correlation between some elements which influence.

Keywords: road safety, traffic accidents, weather conditions, expertise

1. UVOD

Oduvek je postojala potreba za kretanjem ljudi i prevozom dobara. Kroz istoriju događale su se značajne promene u društvu što je uticalo na mobilnost. Jedan od važnih elemenata društvenog razvoja je saobraćaj. Pored brojnih prednosti od razvoja točka sve do danas, saobraćaj sa sobom nosi niz štetnih posledica kao što su zagađenje životne sredine, buka, iscrpljivanje prirodnih resursa, poginuli, teško i lako povređeni u saobraćajnim nezgodama, i troškovi saobraćajnih nezgoda, kao i negativan uticaj na socijalne međuljudske odnose izazvane saobraćajem i saobraćajnim nezgodama. Jedno od važnih političkih pitanja sa kojim će svet biti suočen u narednim decenijama predstavlja način na koji će se reagovati na opasnost od globalnog zagrevanja usled sve većih koncentracija gasova (kao što je ugljendioksid) koji u atmosferi izazivaju efekat staklene bašte. Posledice prevazilaze obično povećanje temperature: zabrinutost izaziva podizanje nivoa morskih površina i promenljivost vremenskih uslova (Stiglitz, 2008).

¹ Autor zadužen za korespondenciju: jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs

Širom sveta su sprovedene studije koje su ispitivale uticaj vremenskih prilika na bezbednost saobraćaja, uključujući Australiju, (Keay and Simmonds, 2006), Kanadu (Andrey et al., 2005), Indiju (Mondal et al., 2008), Iran (Nokhandan et al., 2008), Izreal (Brodsky and Hakkert, 1988), Holandiju (Brijs et al., 2008), Švedsku (Norrmann et al., 2000), Veliku Britaniju (Edwards, 1999) i Sjedinjene Države (Eisenberg, 2004).

Poslednje dve decenije ispitivan je uticaj klime na saobraćaj i pružen je uvid u najugroženije regione i transportne aktivnosti. Na primer, postoji dosta dokaza da porast nivoa mora izazivaju intenzivni radovi na priobalnoj infrastrukturi (Titus, 2002), da zagrevanje u nekim severnim regionima ima uticaj na smanjenje leda na putevima u sezoni (U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force, 2003) i da promene u unutrašnjim plovnim putevima mogu značajno uticati na isporuku i kretanje brodova (Millerd, 2011). Prekomerene letnje vrućine mogu da izazovu deformaciju železničkih šina (Baker et al., 2010), dok blaže zime mogu povećati odmrzavanje širom regiona (Mills et al., 2009). Postoje i drugi aspekti transporta za koje uticaj klimatskih faktora nije ispitan, među njima je i bezbednost saobraćaja. Koetse and Rietveld (2009) sugerišu da je uticaj na bezbednost nejasan u oba pravca i veličine i da ga treba ispitivati u daljim istraživanjima.

Ove studije ukazuju da prilikom loših vremenskih uslova dolazi do smanjenja trenja između pneumatika i površine kolovoza, da se smanjuje vidljivost i da je otežano upravljanje vozilom. Jake padavine utiču na smanjenje mobilnosti (Mills et al., 2003) i značajno povećavaju učestalost saobraćajnih nezgoda. Loši vremenski uslovi su povezani sa otkazivanjem putovanja što dovodi do smanjenog rizika, rezultati uverljivo dokazuju da su odstupanja odnosno odustajanja mala i nedovoljna da se izbegnu opasnosti koje nose loši vremenski uslovi (Billot et al., 2009; Strong et al., 2010; Brooks et al., 2011). Padavine predstavljaju najveću opasnost za vozače.

Mnoge studije ukazuju da se stopa nezgoda u tim uslovima povećava za 50-100% (Andrey et al., 2003; Qiu and Nixon, 2008), sa većim porastom tokom zimskih padavina (84% u odnosu na 71%), veća količina padavina u vezi sa manjom akumulacijom, i veće težine posledica (Eisenberg, 2004; Andrey, 2010). Povećanjem intenziteta padavina kiše povećava se broj nezgoda (Fridstrom et al. 1995; Chang and Chen 2005; Caliendo et al. 2007, Keay and Simmonds 2006; Hermans et al. 2006). Međutim, povećanje intenziteta padavina kiše može i da dovede do smanjenja saobraćajnih nezgoda (Karlaftis and Yannis, 2010), to je rezultat koji se može pripisati ponašanju vozača ili smanjenju izloženosti u tom periodu. Vremenske promenljive uticaja padavina i količina padavina istraživao je i Eisenberg (2004). Istraživanje je pokazalo da je uticaj padavina tog dana manji nego prethodnog dana, što se smatra posledicom adaptacije vozača. Brijs et al. (2008) su potvrdili Eisenberg-ove nalaze da što je duži period bez padavina to je veći broj nezgoda kada počne kiša.

Visoke temperature povećavaju učestalost nezgoda (Scott, 1986), ovi nalazi koje je Scott ustanovio za Veliku Britaniju usvojeni su na međunarodnom nivou. Broj sati kada je sunčano dovodi do povećanja broja nezgoda (Fridstrom et al, 1995, Hermans et al. 2006), dok odstupanje od srednje dnevne i srednje mesečne temperature takođe dovodi do povećanja saobraćajnih nezgoda (Brijs et al., 2008; Stipdonk (Ed.), 2008). Ekstremne temperature (niske zimi i visoke leti) su u pozitivnoj korelaciji sa saobraćajnim nezgodama (Malyshkina et al., 2008), ali kada se povećava broj dana u mesecu sa temperaturom ispod nule, broj saobraćajnih nezgoda se smanjuje, što je verovatno posledica manjeg izlaganja (Hermans et al., 2006; Stipdonk (Ed.), 2008).

Meteorološki faktori deluju na automobil i uslove saobraćaja – mehanički (na primer vetar, kiša, sneg, poledica), utiču na vidljivost (magla, sumaglica, mrak) i deluju preko psiho-fizioloških funkcija vozača (na primer, atmosferski pritisak, temperatura i vlažnost vazduha), dok usled klimatskih promena dolazi do promene stanja na putevima u vidu mokrog kolovoza, sunčanih dana, kolovoza prekrivenog snegom i ledom i sl.

Imajući gore navedeno u vidu predmet ovog rada su saobraćajne nezgode koje su se dogodile na teritoriji Republike Srbije, a za koje je urađena ekspertiza na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu, u periodu od 2001-2010. godine. Na osnovu podataka iz raspoložive baze podataka izvršena je analiza uticaja vremenskih uslova na nastanak saobraćajnih nezgoda, odnosno ispitivana je veza između vremenskih uslova i stanja na putu, a sve to kao posledica saobraćaja na životnu sredunu.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Kako bi se utvrdio uticaj vremenskih prilika na bezbednost saobraćaja izvršena je analiza baze podataka u kojoj se nalaze podaci o saobraćajnim nezgodama za koje je urađena ekspertiza na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu, u periodu od 2001-2010. godine. Podaci o 852 nezgode obrađeni su u programu SPSS Statistics.

Od raspoloživih podataka iz baze izdvojeni su godina, mesec i dan nezgode kako bi se utvrdio trend nezgoda po godinama, mesecima i danima u nedelji, kao i da li postoji sezonska razlika, odnosno da li se nezgode češće događaju leti ili zimi. Korišćeni su podaci o tome da li se nezgoda dogodila u naselju ili van naselja, na raskrsnici, na pravcu ili u krivini. Akcenat je stavljen na vidljivost, stanje i površinu kolovoza, kao i na kategoriju puta. Podaci su iskorišćeni da se utvrdi da li postoji statistički značajna razlika između uslova vidljivosti i površine kolovoza na mestu nezgode. Da li je značajna veza između vidljivosti i pola učesnika, kao i dana u nedelji ili meseca u godini, kao i prisustva padavina? Svakako treba imati u vidu da je analizom obuhvaćen samo deo nezgoda, koji je upoređen sa ukupnim brojem nezgoda koje su evidentirane u posmatranom desetogodišnjem periodu.

Tokom istraživanja korišćen je metod analize, statistički metod, kao i metod poređenja. Normalnost distribucije testirana je inspekcijom histograma i Kolmogorov-Smirnovim testom. Budući da su raspodele svih omerenih varijabli statistički značajno odstupale od normalne raspodele, korišćeni su neparametarski metodi. Za deskripciju korišćene su apsolutne (n) i relativne (n%) frekvencije, a za procenu značajnosti razlike korišćen je Pearson-ov χ^2 test, kao i Kruskal-Wallisov H- test. Zatim je za utvrđivanje zavisnosti između pojedinih promenljivih korišćena binarna logistička regresija.

Postavljena je nulta hipoteza (H_0) koja glasi: Ne postoji statistički značajna razlika između grupa i radna hipoteza (H_a) koja glasi: postoji statistički značajna razlika između grupa. Prag statističke značajnosti (α) postavljen je na 5%. Prema tome, ukoliko je $p \leq 0,05$, odbacuje se H_0 i prihvata H_a . Ukoliko je $p > 0,05$ prihvata se H_0 .

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na teritoriji Republike Srbije u periodu od 2001-2010. godine evidentirano je 609 181 saobraćajna nezgoda u kojima je smrtno stradalo 9 053 lica, 47 731 je zadobilo teške i 141 107 lake telesne povrede (Agencija za bezbednost saobraćaja, 2013). Analizom u ovoj studiji je obuhvaćen uzorak od 852 nezgode u kojima je učestvovalo 1 636 lica od kojih je 669 smrtno stradalo (40,9%), teške telesne povrede je zadobilo 532 (32,5%) lica i 420 (25,7%) lake telesne povrede. Najviše nezgoda se dogodilo u naselju (67%), a 71% nezgoda dogodio se na pravcu i 16% na raskrsnici.

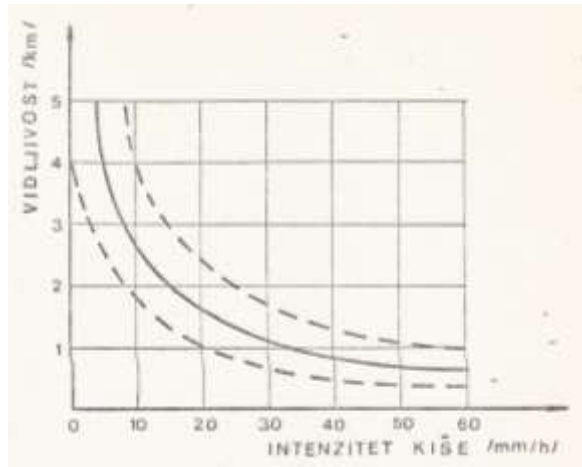
3.1. Demografske karakteristike uzorka:

Prosečna starost učesnika nezgode je 36.63 godina (mean 36.63, SD 18). Najviše učesnika je pripadalo starosnoj kategoriji 26-35 godina (23%), zatim 36-45 (21%), 18-25 (18%), 46-55 (17%), 56-65 (8%), stariji od 65 godina (8%) i mlađih od 65 godina (5%). Statistički značajno preovlađuju muškarci (88%) u odnosu na žene (12%).

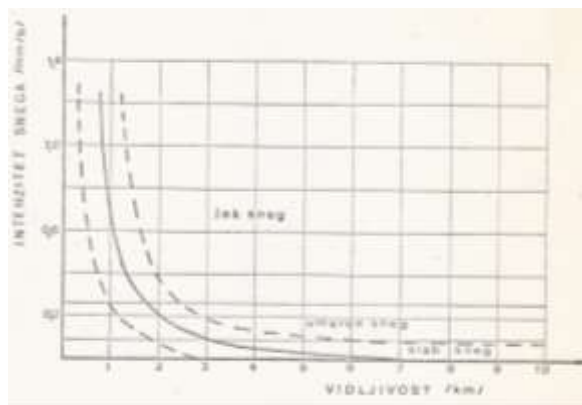
3.2. Analiza nezgoda prema uslovima vidljivosti:

Ispitivanje daljine vidljivosti za vreme padanja kiše izvršio je među prvima Vasiliev (1976) i ustanovio da postoji direktna veza između daljine vidljivosti i intenziteta kiše. Na osnovu obrade velikog eksperimentalnog materijala dobijena je zavisnost vidljivosti i intenziteta kiše (slika 1). Upoređivanja pokazuju da je slabljenje vidljivosti u magli veće nego pri kiši sa istom količinom vode. Međutim prilikom padanja kiše dolazi do slivanja vode niz vetrobransko staklo i po ogledalima, usled čega dolazi do smanjenja daljine vidljivosti, što još više otežava posao vozača.

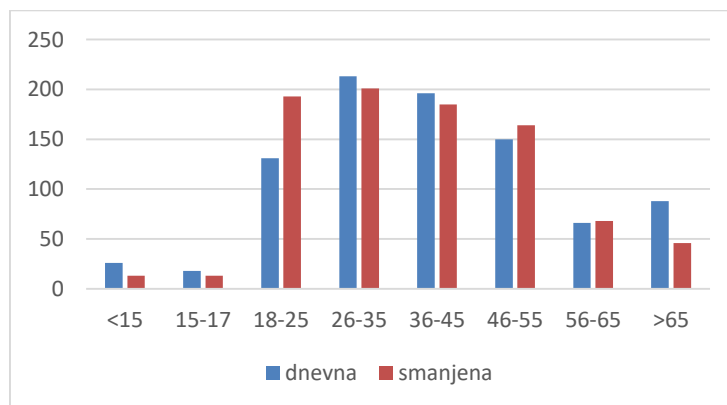
Kao i pri padanju kiše, upravljanje automobilom je otežano prilikom padanja snega, pri mećavama pahuljice snega raspršuju svetlost, smanjujući prozračnost vazduha. Osnovni faktori koji utiču na vidljivost pri mećavama su intenzitet padanja snega i jačina vetra; ukoliko je intenzivnije padanje snega a vetar jako duva, to je vidljivost više smanjena. Vasiliev, (1976) takođe pokazuje zavisnost vidljivosti od intenziteta padanja snega (slika 2), što omogućava predviđanje pogoršanja vidljivosti u zavisnosti od prognoze padavina.



Slika 1. Zavisnost vidljivosti od intenziteta kiše (Vasiliev, 1976)



Slika 2. Zavisnost srednje vidljivosti od intenziteta padanja snega (Vasiliev, 1976)



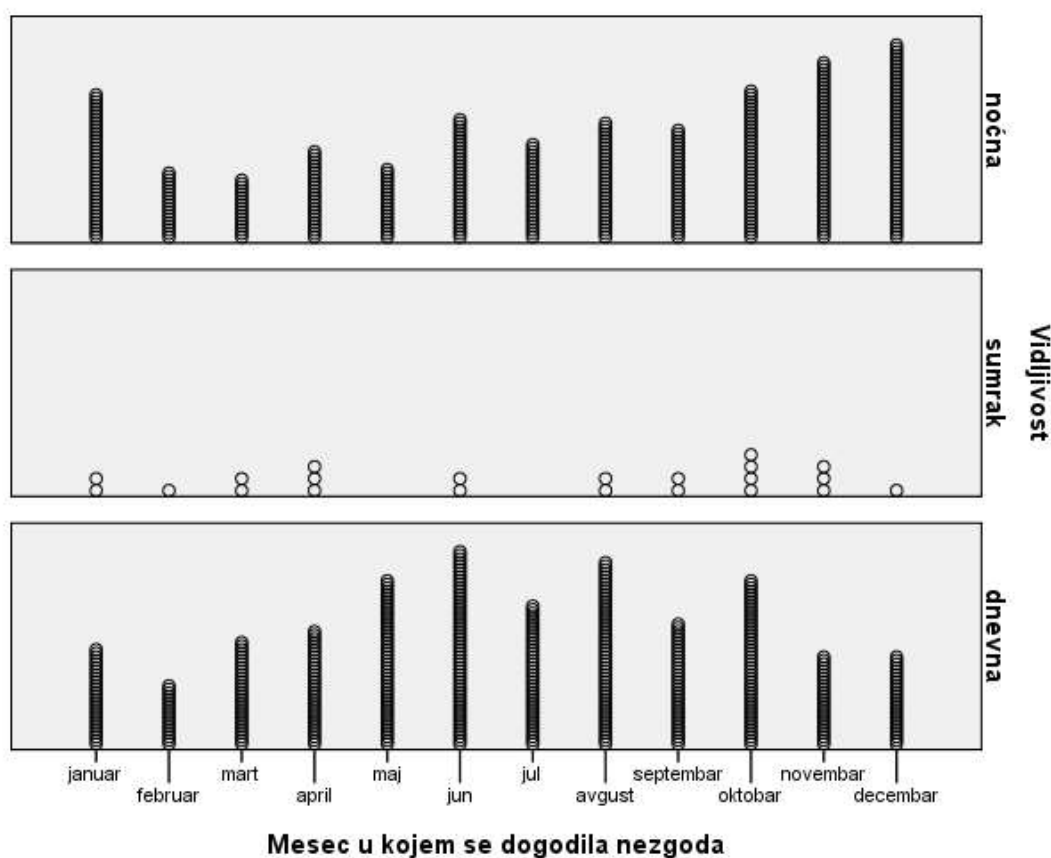
Slika 3. Najizraženiji uslovi vidljivosti u saobraćajnim nezgodama prema starosnoj strukturi

Analizom najizraženijih uslova vidljivosti u saobraćajnim nezgodama, prema starosnoj strukturi, zaključuje se da mladi znatno više učestvuju u nezgodama u uslovima smanjene vidljivosti. Raspodela analiziranih saobraćajnih nezgoda prema uslovima vidljivosti, podeljenih na više kategorija, (tabela 1) pokazuje da se najviše nezgoda sa smrtno stradalim licima dogodilo u noćnim uslovima vidljivosti (33,3%). Kruskal-Volison test je pokazao statistički značajnu razliku uslova vidljivosti u trenutku nezgode u zavisnosti od starosne strukture, ($\chi^2=114,88$, $p<0,05$). U sumrak se dogodilo 3% nezgoda, od kojih je u 57% sa smrtnim posledicama i 1% u svitanje, od kojih je 40% sa smrtnim posledicama.

Tabela 1. Procentualna raspodela posledica saobraćajnih nezgoda prema uslovima vidljivosti u kojima su se dogodile

	procenat nezgoda	smrtno stradali	teške telesne povrede	lake telesne povrede
dnevna vidljivost	50%	31,00%	15,50%	3,50%
noćna vidljivost	46%	33,30%	12,50%	0,20%
sumrak	3%	1,90%	0,80%	0,30%
svitanje	1%	0,50%	0,50%	0,00%

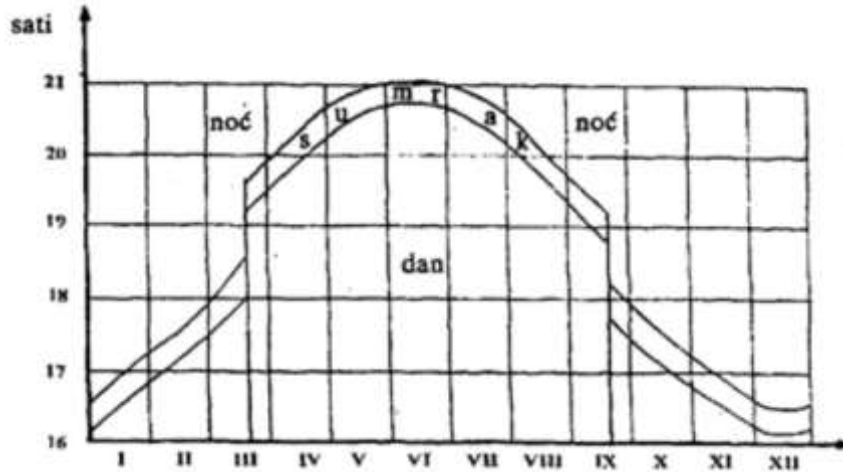
Utvrđeno je da postoji statistički značajna veza između uslova vidljivosti u trenutku nezgode i pola, ($\chi^2=28,19$, $p<0,05$, $fi=0,182$), znatno više žena je učestvovalo u nezgodi u dnevnim uslovima (59% u odnosu na noćne uslove vidljivosti (41%). Zanimljivo je da žene nisu učestvovala u nezgodama u uslovima smanjene dnevne vidljivosti i magle.



Slika 4. Scatter plot raspodela najvažnijih uslova vidljivosti u saobraćajnim nezgodama prema mesecima

Zatim je sprovedena binarna logistička regresija za utvrđivanje zavisnosti između vidljivosti i postojanja padavina, pri čemu je posmatrana vidljivost kao dnevna/smanjena (u koju spadaju vidljivost smanjena zbog oblačnosti, padavina, magle i noćna vidljivost) i padavine (ima/nema). Binarnom logističkom regresijom je utvrđeno da prisustvo padavina značajno smanjuje vidljivost (Omnibus test: $\chi^2=11,1$; $p<0,05$; Wald=10,9), što nepovoljno utiče na bezbednost saobraćaja.

Kruskal-Volsov test je otkrio statistički značajnu razliku između uslova vidljivosti u trenutku nezgode prema mesecima ($\chi^2=43,74$, $p<0,05$). Na Slici 4 može se uočiti da se u zimskom periodu (oktobar-februar) više nezgoda dogodilo u uslovima noćne vidljivosti, dok se u letnjem periodu (jun-avgust) više nezgoda dogodilo u uslovima dnevne vidljivosti. Kao uzrok može se navesti dužina trajanja dana, odnosno noći. Naime, na teritoriji Republike Srbije u zimskom periodu noć traje duže od dana, a u letnjem periodu obrnuto (Slika 5).



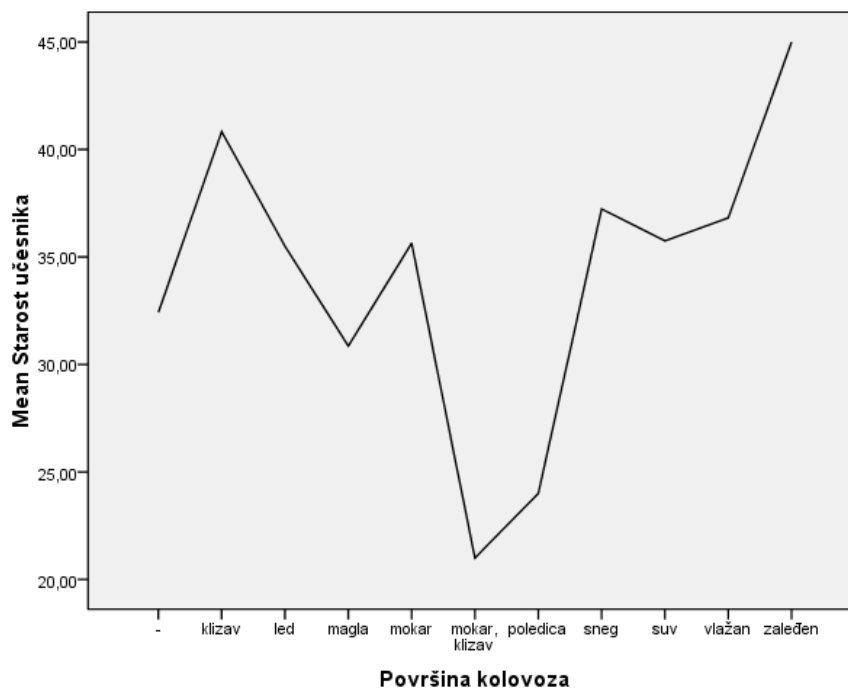
Slika 5. Godišnja raspodela trajanja dana i noći u Republici Srbiji

Površina kolovoza je jedan od bitnih faktora koji utiču na bezbednost saobraćaja, a što je hi-kvadrat testom nezavisnosti potvrđeno jer postoji statistički značajna razlika između uslova vidljivosti u trenutku nezgode i površine kolovoza na mestu nezgode ($\chi^2=268,39$, $p<0,05$, $fi=0,561$). Naime, više nezgoda na mokrom kolovozu bilo je u noćnim (56%), nego u dnevnim uslovima (44%).

3.3 Analiza nezgoda prema stanju kolovozne površine

Od analiziranih nezgoda najviše se dogodilo na suvom kolovozu (70%), zatim na mokrom (15,7%). Najviše nezgoda pri suvom kolovozu zabeleženo je petkom (18,3%), dok je na mokrom kolovozu najviše nezgoda bilo nedeljom (17,2%).

Kruskal-Voliov test je otkrio statistički značajnu razliku između površine kolovoza i meseca u kojem se dogodila nezgoda ($\chi^2=47,68$, $p<0,05$). U januaru i februaru mali procenat analiziranih nezgoda dogodio se na kolovozu prekrivenom snegom (11% i 8% respektivno). Najmanje nezgoda na suvom kolovozu dogodio se u februaru (oko 54%), dok se u junu 84% analiziranih nezgoda dogodilo na suvom kolovozu. Ovi podaci su u saglasnosti sa vremenskim prilikama na posmatranom području.



Slika 6. Raspodela saobraćajnih nezgoda prema površini kolovoza i starosti učesnika

Na Slici 6 prikazana je raspodela nezgoda u zavisnosti od stanja kolovozne površine i starosti učesnika, odnosno na mokrom i klizavom kolovozu najčešće su učestvovali mladi vozači (20-22 godine), dok su vozači starosti 42-44 godine najčešće učestvovali u nezgodama na zaleđenom kolovozu, međutim Kruskal-Willisonov test nije otkrio statistički značajnu razliku između površine kolovoza (suv, mokar i prekriven snegom) i starosti učesnika ($\chi^2=0,041$, $p>0,05$).

Hi-kvadrat testom nezavisnosti utvrđeno je da ne postoji statistički značajna veza između površine kolovoza na mestu nezgode i toga da li se nezgoda dogodila na raskrsnici ili van raskrsnice ($\chi^2=15,04$, $p>0,05$, $fi=0,133$). Oko 70% nezgoda dogodilo se na suvom kolovozu, od kojih 18% na raskrsnici i 82% van raskrsnice. Oko 14% nezgoda dogodilo se na mokrom kolovozu, od kojih 8% na raskrsnici i 92% van raskrsnice. U analiziranim nezgodama 76% puteva su bili ravni i neoštećeni, 4% neravni, 3% neravni i oštećeni i 4% ravni i delimično oštećeni. Sa druge strane ne postoji statistički značajna razlika između površine kolovoza i kategorije puta ($\chi^2=34,96$, $p>0,05$, $fi=0,206$).

Tabela 2. Veza između površine kolovoza i kategorije puta za analizirane saobraćajne nezgode

		Površina kolovoza			
		vlažan	mokar	prekriven snegom	suv
Kategorija puta	autoput	9,10%	12,10%	3,00%	75,80%
	magistralni	6,10%	21,40%	2,20%	70,30%
	regionalni	9,20%	13,20%	2,60%	75,00%
	lokalni	4,70%	15,90%	0,90%	78,50%

3.4. Uticaj temperature vazduha na bezbednost saobraćaja

Statistički podaci o saobraćajnim nezgodama ukazuju na uticaj klimatskih prilika na bezbednost saobraćaja. Laaidi & Laaidi (2002) ukazuju da je broj saobraćajnih nezgoda veći kada su niske ili visoke temperature, sa posebnim ekstremima za hladno vreme. Visoke temperature imaju najveći uticaj na vozače starije od 40 godina, pa je i broj saobraćajnih nezgoda koje izazivaju stariji vozači pri visokim temperaturama veći. Visoka temperatura utiče na povećanje razdraženja centralnog nervnog sistema, kao i do intenzivnijeg razvoja umora kod vozača. Takođe, u toku vožnje pri visokoj temperaturi dolazi do povećanog znojenja, povećava se temperatura tela i srce brže radi. Za ove promene karakterističan je subjektivan doživljaj monotonije i umora, što dolazi do izražaja u dužoj vožnji na visokoj temperaturi (Laaidi & Laaidi, 2002).

Davidović (2013) ukazuje da profesionalni vozači smatraju da visoke temperature značajno ugrožavaju bezbednost saobraćaja jer dovode do razvoja umora u toku vožnje, ali utiču i na kvalitet sna kod vozača.

Upravo su letnji meseci, meseci u kojima se najviše događaju saobraćajne nezgode. Usled nedostatka metodologije za utvrđivanje umora kod vozača ne može se pouzdano tvrditi u kojoj meri je umor uzrok ovih saobraćajnih nezgoda, pa samim tim ni precizan uticaj temperature na psiho-fizike karakteristike vozača i na nastanak saobraćajnih nezgoda.

4. DISKUSIJA

Nemačka istraživanja tokom 1970-ih godina su pokazala da su duplo veće stope nezgoda na mokrim kolovozima u noćnim uslovima, u odnosu na vožnju vlažnim kolovozima tokom dnevnih sati (Brühning, 1978). Škotska studija o meteorološkom uticaju na saobraćajne nezgode na putevima u Glazgovu pokazuje da je došlo do povećanja broja nezgoda u toku dana za 20%, kao i da je najveći uticaj kiše je tokom leta i jeseni (Smith, 1982).

Istraživanja sprovedena u Holandiji, na osnovu podataka o saobraćajnim nezgodama pokazuju da je u periodu 2002-2004 godine bilo u proseku 84 saobraćajne nezgode sa smrtnih ishodom kada je padala kiša,

5 u toku snežnih padavina, i 12 za vreme magle. U cilju utvrđivanja relevantnosti ovih podataka potrebno je utvrditi odnos broja sati kada je padala kiša, sneg, ili je bilo maglovito. U Holandiji je došlo do porasta broja nezgoda između 25% i 182% kada je padala kiša. Formiranje leda na površini puta, čak je dovelo do povećanja između 77% i 245%. Međutim, formiranje leda je daleko ređe od kiše, i na taj način ima manje uticaja na ukupan broj saobraćajnih nezgoda (Stiers, 2005).

Kanadska istraživanja u periodu od 1979-1983 su zaključila da je za 75% veći broj saobraćajnih nezgoda za vreme padavina. Ovaj porast je bio naročito veliki na početku padavina (Andrey & Yagar, 1991). Thoma (1993), ukazuje da je u toku kišnih padavina u Švajcarskoj i pored sporije vožnje, stopa nezgoda 2,5 puta veća na putevima i 5 puta veća na autoputevima nego pri suvom vremenu. Slično pokazuju i Bergel et al., (2013), kada nakon dužeg suvog vremena počne da pada kiša usporenje pri ekstremnom kočenju je dvostruko manje nego na suvom kolovozu (3,7-4,3 za početak padanja kiše, 7,2-8,6 za suv kolovoz). Takođe, postoje razlike u vrednostima koeficijenta prijanjanja kolovoza (za suv kolovoz je 0,7-0,9, za mokar 0,4-0,5). Pomenute vrednosti imaju uticaj na put i vreme zaustavljanja, samim tim i na mogućnost izbegavanja nezgode. Vozači moraju da budu svesni da nije isto voziti po suvom kolovozu i na primer, kolovozu koji je prekriven snegom. Utvrđeno je da su količina padavina i temperatura u pozitivnoj korelaciji sa brojem nezgoda sa povređenima (Bergel et al., 2013).

Australijska istraživanja o uticaju kiše na saobraćaj u Melburnu i okolini utvrdili su porast stopa nezgoda od 2,4%, dok je tokom noći usled kišnih padavina stopa nezgoda porasla čak za 5,2% (Keay & Simmonds, 2005).

Rezultati dobijeni analizom baze podataka u ovoj studiji ukazuju da se 23% nezgoda dogodilo na mokrom (ili vlažnom) kolovozu od kojih je 53% u noćnim uslovima vožnje i 41,5% u dnevnim. 13,6% nezgoda sa smrtnim ishodom i 7,4% sa povređenima dogodilo se na mokrom kolovozu. Kada se dobijeni rezultati uporede sa rezultatima Lane et al. (1995) koji ukazuju da se 13% nezgoda sa smrtnim ishodom i 16% nezgoda sa povređenima dogodilo na mokrom kolovozu, uočava se da je procenat nezgoda sa smrtnim ishodom sličan, dok je procenat nezgodama sa povređenim dobijen u ovom radu dvostruko manji.

Bos (2001) je zaključio da je tokom perioda od 1997 do 2000 godine, bilo više žrtava nego što je uobičajeno u relativno toplom i suvom periodu leta. Hladna i suva zima je rezultirala manjim brojem nastradalih, ali je bilo više nastradalih u periodu hladne i vlažne zime.

Analizom baze podataka je utvrđeno da je u februaru bilo najmanje nezgoda, jer u zimskom periodu usled smanjenog izlaganja saobraćaju dolazi do smanjenja broja saobraćajnih nezgoda. Slični rezultati uočeni su u Francuskoj gde se 14% od svih nezgoda sa povređenima (1990-2000) dogodilo dok je padala kiša i 1% tokom najjače magle, mraza i/ili snega (Aron et al., 2007). Ukupan broj nezgoda sa povređenima zavisi od izloženosti, zato je važno identifikovanje vremenskih situacija koje povećavaju ili redukuju mobilnost. Toplo vreme utiče na povećanje mobilnosti, dok hladno na smanjenje, (Bergel et al. 2013).

Analizom dostupnih podataka iz baze o saobraćajnim nezgodama utvrđeno je da se nezgode na kolovozu prekrivenom snegom javljaju u januaru i februaru, dok se veći broj nezgoda usled kiše javlja od oktobra do februara. U junu se 85% nezgoda dogodilo na suvom kolovozu, a najmanje na suvom kolovozu u februaru (53%). Ovi rezultati su u skladu sa vremenskim prilikama iz tog perioda, kada su u januaru i februaru bile izražene snežne padavine na teritoriji Republike Srbije, dok su u periodu od oktobra do početka snežnih padavina bili česti kišni periodi.

Prema analiziranim podacima, najviše nezgoda dogodilo se petkom, subotom i nedeljom i to više u noćnim nego u dnevnim uslovima vidljivosti, a uzroke treba tražiti u nebezbednom upravljanju vozilom u tim periodima, najčešće zbog upravljanja vozilom pod dejstvom alkohola, pod uticajem društva ne poštuju saobraćajne propise itd, a slično je i Brijs (2008) potvrdio da rizik raste petkom i vikendom noću. Mrak, posebno pri lošim vremenskim prilikama nepovoljno utiče na vožnju (Kilpelaäinen and Summala, 2007), a kombinacija snega i mraka otežava preglednost i prohodnost što čini vožnju teškom i stresnom (Summala, 1997, 2005).

Kada se posmatraju godine uočava se da stariji vozači imaju tendenciju da izbegavaju loše uslove vožnje zbog kognitivnih sposobnosti (Raitanen et al., 2003). Mlađi vozači, posebno muškarci imaju tendenciju da precene svoje sposobnosti i potcene rizik u raznim saobraćajnim situacijama (Dejoy, 1992).

Rezultati ukazuju da kod mladih vozača postoji visok rizik pri vožnji na mokrom kolovozu. Ukoliko se uzmu u obzir i činjenice da je pri padavinama smanjena vidljivost može se zaključiti da je za mlade vozače najrizičnija vožnja noću, prilikom intenzivnih padavina (kako snega, tako i kiše).

Ako se podaci o stanju površine kolovoza posmatraju zajedno sa starosnim kategorijama može se zaključiti da su u nezgodama na suvom i mokrom kolovozu najčešće učestvovali pripadnici starosne kategorije 26-35 godina, dok su na snegom prekrivenom kolovozu učesnici starosti 36-45 godina. Loše vremenske prilike mogu da izazovu smanjenje mobilnosti posebno kod neiskusnih vozača i starijih lica. Zbog veće izloženosti saobraćaju pri otežanim uslovima, odnosno prilikom padavina vozači 26-45 godina su i više zastupljeni u nezgodama.

Takođe, na osnovu prethodnih istraživanja, a i rezultata ovog rada može se zaključiti da je letnji period, koji karakterišu visoke temperature posebno nebezbedan za starije vozače, ali i za profesionalne vozače. Binarnom logističkom regresijom je utvrđeno da prisustvo padavina značajno smanjuje vidljivost što nepovoljno utiče na bezbednost saobraćaja i povećava se rizik za nastanak saobraćajnih nezgoda.

5. ZAKLJUČAK

Jasno je da se ne može uticati na vremenske prilike, ali adekvatnim preventivnim merama namenjenim vozačima može se smanjiti rizik, pa i posledice nezgoda izazvanih lošim vremenskim prilikama. Na osnovu stranih iskustava i rezultata dobijenih analizom baze podataka o saobraćajnim nezgodama može se zaključiti da put i životna sredina utiču na bezbednost saobraćaja na sledeće načine:

- stanje površine kolovoza (da li je suv, mokar, klizav i sl.) utiče na bezbednost saobraćaja različito prema starosnim kategorijama vozača, pa su saobraćajne nezgode na mokrom kolovozu posebno karakteristične za mlade vozače
- vidljivost zavisi od prisustva padavina, pa se pri snegu i kiši smanjuje što nepovoljno utiče na bezbednost saobraćaja
- temperatura vazduha utiče pre svega na starije vozače i na profesionalne vozače. Usled raznih uticaja na životnu sredinu došlo je do klimatskih promena i za naše područje do povećanja temperatura, posebno u letnjim mesecima što dovodi do intenziviranja problema u vidu bržeg razvoja umora, za čije poudano utvrđivanje još uvek nije definisana jasna metodologija, a samim tim ne postoji ni zakonska regulative koja će sprečiti vozače da voze umorni.

Ukoliko se posmatra sa druge strane, razvojem saobraćaja, porastom stepena motorizacije, dolazi do zagađenja životne sredine, pa samim tim i dalje do klimatskih promena, promena vremenskih uslova na pojedinim područjima i porasta rizika za nastanak nezgode usled prilagođavanja vozača novim uslovima saobraćajnog okruženja.

Literatura

- [1] Andrey, J., 2010. Long-term trends in weather-related crash risks. *Accident Analysis and Prevention* 18, 247-258.
- [2] Andrey, J., and Yagar, S., 1993. A temporal analysis of rain-related crash risk. *Accident Analysis and Prevention* 25, 465-472.
- [3] Andrey, J., Christie, M., Michaels, S., Unrau, D., Mills, B., 2005. Toward a national assessment of the travel risks associated with inclement weather. ICLR research paper series. Institute for Catastrophic Loss Reduction, London, ON.
- [4] Andrey, J., Mills, B., Leahy, M., Suggett, J., 2003. Weather as a chronic hazard for road transportation in Canadian cities. *Nat Hazards* 28, 319-343.
- [5] Aron, M., Bergel-Hayat, R., Saint Pierre, Guillaume, Violette, E., 2007. Added Risk by Rainy Weather on the Roads of Normandie-Centre Region In France, *Proceedings of 11th WCTR (CD Rom)*, World Conference on Transport Research Society.
- [6] Bergel, R., Debarh, M., Antoniou, C., Yannis, G., 2013. Explaining the road accident risk: weather effects, *Accident Analysis and Prevention*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.006>
- [7] Billot R, El Faouzi N-E, De Vuyst F (2009) Multilevel assessment of the impact of rain on drivers' behavior: standardized methodology and empirical analysis. *Transport Res Rec* 2107:134-142

- [8] Bos, J.M.J., 2001. In all kinds of weather; Road safety effects of periods of extreme weather“ (in Dutch). R-2001-23. Foundation for Road Safety Research Swov, Leidschendam.
- [9] Brijs, T., Karlis, D., Weets, G., 2008. Studying the effects of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1180-1190.
- [10] Brodsky, H., Hakkert, S., 1988. Risk of road accident in rainy weather. *Accident Analysis and Prevention*, Vol.20, N°3, 161-176.
- [11] Brooks, J.O., Crisler, M.C., Klein, N., Goodenough, R., Beeco, R.W., Cuirl, C., Tyler, P.J., Hilpert, A., Miller, Y., Grygier, J., Burroughs, B., Martin, A., Ray, R., Palmer, C., Beck, C., 2011. Speed choice and driving performance in simulated foggy conditions. *Accid Anal Prev* 43, 698–705.
- [12] Brühning, E., Ammong, D. von, Hippchen, L., Lierz, W. & Weichbrodt, F., 1978. Forschungsorientierter Zugriff zum Datenbestand der amtlichen.
- [13] Caliendo, C., Guida, M., Parisi, A., 2007. A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis and Prevention* 39, 657-670.
- [14] Chang, L.Y., Chen, W.C., 2005. Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. *Journal of Safety Research* 36, 365-375.
- [15] Davidović, J. (2013). The Analysis of the Impact of Driver Fatigue on Professional Driver's Road Safety, VIII International Conference "ROAD SAFETY IN LOCAL COMMUNITY", Serbia, Valjevo, April 18-20, 2013.
- [16] Dejoy, D. M., 1992. An examination of gender differences in traffic accident risk perception. *Accident Analysis and Prevention*, 24(3), 237–246.
- [17] Edwards, J.B., 1999. Speed adjustment of motorway commuter traffic to inclement weather. *Transportation Research Part F* 2, 1–14.
- [18] Eisenberg, D., 2004. The mixed effects of precipitation on traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention* 36(4), 637-647.
- [19] Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., Thomsen, L.K., 1995. Measuring The Contribution Of Randomness, Exposure, Weather, And Daylight To The Variation In Road Accident Counts. *Accident Analysis & Prevention* 27 (1), 1-20.
- [20] Hermans, E., Wets, G., Van Den Bossche, F., 2006. Frequency and Severity of Belgian Road Traffic Accidents Studied by State-Space Methods. *Journal of Transportation and Statistics*, Vol.9 no1, pp.63-76.
- [21] Karlaftis, M., Yannis, G., 2010. Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: A Time Series Count Data Approach, Proceedings of the 89th Annual meeting of the Transportation Research Board, Washington.
- [22] Keay, K., Simmonds, I., 2006. Road accidents and rainfall in a large Australian city. *Accident Analysis and Prevention* 38, 445-454.
- [23] Kilpeläinen, M., Summala, H., 2007. Effects of weather and weather forecasts on driver behaviour. *Transportation Research Part F* 10, 288–299
- [24] Laaidi, K. & Laaidi, M. (2002): „Météorologie et sécurité routiere“, („Weather and road safety“), Brussels.
- [25] Lane, P.L., McClafferty, K.J., Green R.N. and Nowak E.S., 1995. A study of injury-producing crashes of median divided highways in southwestern Ontario. *Accident Analysis and Prevention* 27, 175-184.
- [26] Malyshkina, N.V., Mannering, F.L., Tarko, A.P., 2008. Markov switching negative binomial models: An application to vehicle accident frequencies. Article in press, *Accident Analysis and Prevention*.
- [27] Millerd, F., 2011. The potential impact of climate change on Great Lakes international shipping. *Clim Chang* 104, 629–652.
- [28] Mills, B., Suggett, J., Wenger, L., 2003. You and who's army: A review of the January 1999 Toronto snow emergency. In: Andrey J, Knapper C (eds) *Weather and Transportation in Canada*. Department of Geography Publication Series, No. 55. University of Waterloo, Waterloo, 161–195.
- [29] Mills, B., Tighe, S.L., Andrey, J., Smith, J.T., Huen, K., 2009. Climate change implications for flexible pavement design and performance in southern Canada. *J Transport Eng* 135, 773–782.
- [30] Mondal, P., Dalela, S., Balasubramanian, N., Sharma, G.K., Singh, R., 2008. Critical analysis of road crashes and a case study of wet road condition and road crashes in an Indian metropolitan city. *SAE International*, Technical Paper 2008-28-0079.
- [31] Nokhandan, M.H., Bazrafshan, J., Ghorbani, K., 2008. A quantitative analysis of risk based on climatic factors on the roads in Iran. *Meteorol Appl* 15, 347–357.
- [32] Norrman, J., Eriksson, M., & Lindqvist, S., 2000. Relationships between road slipperiness, traffic accident risk and winter road maintenance activity. *Climate Research*, 15(3), 185–193.
- [33] Qiu, L., Nixon, W.A., 2008. Effects of adverse weather on traffic crashes: systematic review and meta-analysis. *Transport Res Rec* 2055, 139–146.

- [34] Raitanen, T., Toirmaakangas, T., Mollenkopf, H., & Marcellini, F., 2003. Why do older drivers reduce driving? findings from three European countries. *Transportation Research Part F—Traffic Psychology and Behaviour*, 6, 81–95.
- [35] Scott, P. P., 1986. Modelling Time-Series of British Road Accident Data. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 18 n°2, pp.109-117.
- [36] Smith, K., 1982. How seasonal and weather conditions influence road accidents in Glasgow“, *Scottish Geographical Magazine*, vol. 98, p. 103-114.
- [37] Stiers, T., 2005. Study of the impact of weather conditions on road safety, Leuven.
- [38] Stiglitz, J., *Ekonomija javnog sektora*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2008.
- [39] Stipdonk, H.L., (Ed.) 2008. Time series applications on road safety developments in Europe. Deliverable D7.10 of the EU FP6 project SafetyNet. Available on-line at: http://www.erso.eu/safetynet/fixed/WP7/SN_D7.10_final.pdf
- [40] Strong, C.K., Ye, Z., Shi, X., 2010. Safety effects of winter weather: the state of knowledge and remaining challenges. *Transport Rev* 30, 677–699.
- [41] Summala, H., 1997. Hierarchical model of behavioral adaptation and traffic accidents. In T. Rothengatter & E. Carbonell Vaya (Eds.), *Traffic and transport psychology* (pp. 41–52). Amsterdam: Pergamon.
- [42] Summala, H., 2005. Traffic psychology theories: towards understanding driving behaviour and safety efforts. In G. Underwood (Ed.), *Traffic & Transport Psychology* (pp. 383–394). Amsterdam: Elsevier.
- [43] Thoma, J., 1993). *Speed performance and risks in different road conditions during the week and times of the day*, Bern.
- [44] Titus, J., 2002. Does sea level rise matter to transportation along the Atlantic Coast? In: U.S.DOT, 2002. *The Potential Impacts of Climate Change on Transportation, Summary and Discussion Papers*. U.S. Department of Transportation. Federal Research Partnership Workshop, Brookings Institution, Washington, DC, Oct. 1–2, pp 135–150.
- [45] U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force, 2003. *Climate change, permafrost, and impacts on civil infrastructure*. Special report 01–03. U.S. Arctic Research Commission, Arlington, VA
- [46] Vasiliev, A.P. (1976): „The composition of the road and the car's safety“, Moscow.
- [47] Wells, A.T.; Rodrigues, C.C. 2003. *Commercial aviation safety*. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA. 350 p.

NEGATIVNI UTICAJ PRISTUPA NA POVEĆANJE EMISIJE ŠTETNIH GASOVA NA DEONICAMA DVOTRAČNIH PUTEVA KOJI PROLAZE KROZ MANJA NASELJENA MESTA

Marijo Vidas¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, email: m.vidas@sf.bg.ac.rs

Vladan Tubić

² Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, email: vladan@sf.bg.ac.rs

Rezime: Deonice vangradskih dvotračnih puteva koje prolaze kroz manja naseljena mesta predstavljaju putne objekte na kojima se zbog haotične urbanizacije pojavljuje veliki broj pristupa. Direktna posledica je promena karakteristika ovih deonica koje postaju gradske saobraćajnice sa većim ograničenjem brzine i velikim tranzitnim saobraćajnim zahtevima. Drumski saobraćaj predstavlja jedan od najvećih izvora aerozagađenja, odnosno emisije ugljendioksida (CO₂) i oksida azota (NO_x) koji su poznatiji kao gasovi staklene bašte. Posebna pažnja se mora posvetiti identifikaciji karakteristika koje dovode do povećanja aerozagađenja u zonama prolaska puteva kroz manja naseljena mesta. Emisija gasova staklene bašte je u direktnoj vezi sa brzinom vozila i izabranim stepenom prenosa, pri malim brzinama i nižim stepenima prenosa emisija je najveća. Manevri vozila na pristupima imaju kao posledicu ciklične promene brzine, faze usporenja i faze ubrzanja vozila na glavnom pravcu, koje su sa aspekta emisije štetnih gasova najkritičnije. Kontrola pristupa predstavlja skup mera upravljanja putevima odnosno okruženjem puta čiji je glavni zadatak očuvanje uslova na glavnom saobraćajnom pravcu sa aspekta očuvanja brzine, kapaciteta i nivoa usluge. Postavlja se pitanje kakvi se efekti kontrole pristupa mogu očekivati sa aspekta smanjenja aerozagađenja na deonicama dvotračnih puteva koje prolaze kroz manja naseljena mesta.

Ključne reči: dvotračni putevi, aerozagađenje, pristupi, kontrola pristupa

NEGATIVE IMPACT OF ACCESS ON INCREASING EMISSIONS ON SUBURBAN SECTIONS OF TWO-LANE HIGHWAYS

Marijo Vidas

¹ University of Belgrade, Faculty of transport and traffic engineering

Vladan Tubić

² University of Belgrade, Faculty of transport and traffic engineering

Abstract: On rural two-lane highways in our country, due to chaotic urbanization and failure to observe the legal provisions on right to access, we have a very large number of access points per distance unit. The direct consequence is the change in the characteristics of these sections that become urban roads with a higher speed limit and large transit traffic requirements. Road traffic is one of the largest sources of air pollution, ie emissions of carbon dioxide (CO₂) and nitrogen oxides (NO_x), which are more commonly known as greenhouse gases. Particular attention must be paid to identifying the characteristics that lead to an increase in air pollution on road passing through smaller populated areas. The greenhouse gas emissions are directly related to the speed of the vehicle and the chosen gear, at low speeds and lower gearing is the highest. Maneuvers of vehicles at the access have for the consequence a cyclical change in speed, deceleration phase and acceleration phase of vehicles in the main direction, which are the most critical from the aspect of emissions of harmful gases. Access control is a set of road management measures of road environment whose main task is to preserve the conditions in the main traffic flow, by preserving the speed, capacity and level of service. The question arises as to which access control effects can be expected from the aspect of reducing air pollution on sections of two-lane highways that pass through smaller settlement.

Keywords: Two-lane highways, air pollution, access, access control

1. UVOD

Putevi zbog svog značaja u funkcionisanju jedne države odnosno samog njenog društva predstavljaju najvažnije javne investicije. U inženjerskoj praksi dugo je glavni fokus u analizama putne mreže bio na

¹ Autor zadužen za korespondenciju: m.vidas@sf.bg.ac.rs

efikasnosti i bezbednosti saobraćajnog sistema, ali sa povećanjem svesti o globalnom zagrevanju i porastu zagađenja kao neophodan aspekt nametnuo se i uticaj puta, tj. saobraćaja na životnu sredinu.

Najbitniji element saobraćajnog sistema posmatran kroz uticaj na životnu sredinu jesu vozila koja učestvuju u saobraćajnom toku, čiji se broj na putnoj mreži u poslednjim godinama XX-tog i početkom XXI-og veka drastično povećao. Analizom tržišta motornih vozila može se primetiti da je samo u 2016. godini prodato skoro 100 miliona novih vozila, što predstavlja rast u odnosu na 2006. godinu za oko 30 miliona vozila [1]. Nova vozila čiji se motori proizvode po najnovijim standardima o emisiji štetnih gasova (evropski EURO, američki EPA, japanski MOE standardi itd.) predstavljaju značajno manje zagađivače od vozila koja su proizvedena krajem prošlog veka. Naš vozni park karakteriše mali procenat novih vozila, već su to u najvećem procentu vozila koja kao pogonsko gorivo koriste dizel i koja su uvezena iz zemalja Evropske Unije gde zbog sve strožijih zakona o zaštiti životne sredine polako postaju neprihvatljiva.

Prognoze o daljem rastu broja vozila na putevima nisu povoljne jer transportni sektor predstavlja važnu ekonomsku granu pa je tako samo u zemljama EU (15 zemalja članica) čak 14 miliona ljudi (10% ukupne radno sposobne populacije) direktno ili indirektno zaposlena u ovom sektoru: oko 6 miliona u transportnim uslugama, 2 miliona u sektoru opreme i dodatnih 6 miliona na poslovima povezanih sa transportom [1]. Ako bi se drumski transport posmatrao sa aspekta emisija CO₂, pregledom rezultata različitih istraživanja može se zaključiti da on predstavlja drugi najveći izvor CO₂ sa oko 22% u 27 zemalja EU, dok više od 12% ukupne emisije otpada na emisiju putničkih automobile [1].

Pored emisije CO₂, drumski transport je izvor i ostalih polutanata. Naročito se izdvaja u emisiji NO_x, po čemu sa 40% predstavlja dominantan udeo emisije štetnih gasova u odnosu na sve ostale grane privrede zemalja EU. Naročito je opasna visoka koncentracija NO_x u gradovima i urbanim sredinama, gde je na relativno malom prostoru prisutan u značajnoj količini [1].

Iz tog razloga predmet ovog rada biće pokušaj identifikaciji karakteristika koje dovode do povećanja aerozagađenja u zonama prolaska puteva kroz manja naseljena mesta i davanje smernica za dalja istraživanja. Deonice vangradskih dvotračnih puteva koje prolaze kroz manja naseljena mesta predstavljaju putne objekte na kojima se zbog haotične urbanizacije pojavljuje veliki broj pristupa. Direktna posledica je promena karakteristika ovih deonica koje postaju gradske saobraćajnice sa većim ograničenjem brzine i velikim tranzitnim saobraćajnim zahtevima. Emisija gasova staklene bašte je u direktnoj vezi sa brzinom vozila i izabranim stepenom prenosa, pri malim brzinama i nižim stepenima prenosa emisija je najveća. Manevri vozila na pristupima imaju kao posledicu ciklične promene brzine, faze usporenja i faze ubrzanja vozila na glavnom pravcu, koje su sa aspekta emisije štetnih gasova najkritičnije.

2. PRISTUPI I UPRAVLJANJE PRISTUPIMA

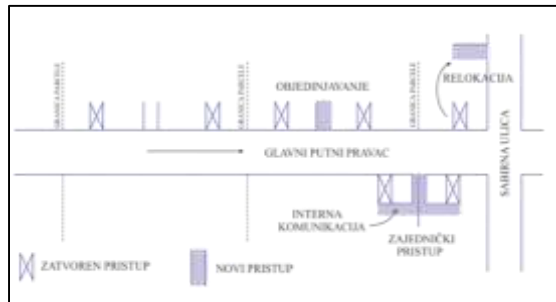
Svaka saobraćajna deonica ima dvostruki, a istovremeno kontradiktorni zadatak: da obezbedi efikasno saobraćajno povezivanje i omogući pristupačnost lokacija u neposrednom okruženju puta, zbog čega je potrebno racionalno uravnoteženje istih. Po opštim shvatanjima, sa funkcionalnog aspekta puteva često je nemoguće obezbediti visok nivo usluge puteva, tj. bezbedno i neometano kretanje vozila na putevima, uz realizovanje optimalnih brzina, kao i pristupačnost lokacija u posmatranom trenutku [2].

Pod pojmom pristup se načešće smatra prilazni put kojim vozila ulaze na privatnu imovinu ili izlaze sa privatne imovine koja se nalazi neposredno uz kolovoz na javni put, odnosno put koji je pod neposrednom nadležnošću države [3]. Takođe, pristup se opisuje kao javni ili privatni kolovoz upotrebljavan prvenstveno za motorna vozila kod ulaza na javni put ili napuštanja javnog puta, odnosno kolovoza od susedne privatne parcele do puta [4].

Danas na svetskom nivou postoji veliki broj tehnika koje se koriste za pronalaženje optimalne ravnoteže između gore pomenuta dva kontradiktorna zadatka. Objedinjenim nazivom se te tehnike nazivaju *upravljanje pristupima* (*Access Management*). Upravljanje pristupima se definiše kao: sistemska kontrola lokacija, rastojanja, planiranja, projektovanja i korišćenja pristupnih puteva; kontrolisanje pristupa primenom razdelnih traka, denivelisanih raskrsnica i spajanja ulica na puteve; i primena u projektovanju puteva povezana sa pristupima, trakama za ubrzavanje i usporavanje.

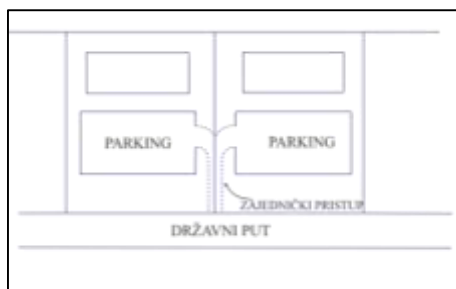
Jedan aspekt upravljanja pristupima je i *kontrola pristupa*. U Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) kontrola pristupa se definiše kao ograničenje i regulisanje javnih i privatnih pristupa na državne, odnosno javne puteve, u skladu sa državnim propisima ili zakonima. Slično, kontrola pristupa podrazumeva okolnosti u kojima je pravo pristupa korisnika ili držaoca zemljišta koje se nalazi pored puta kontrolisano od strane javnih ustanova, odnosno upravljača putevima [5]. Kontrola pristupa, odnosno upravljanje pristupima predstavlja skup mera koje su na neki način u suprotnosti sa slobodama na koje svaki građanin ima pravo, tj. u ovom slučaju pravo na vezu privatnog zemljišta sa mrežom javnih puteva. Upravljanje pristupima sadrži niz mera koje se odnose na glavni pravac i na pristupe, u daljem tekstu biće prikazano nekoliko tehnika rekonstrukcije pristupa [6] koje bi bilo moguće primeniti u našim uslovima u cilju smanjenja broja pristupa na deonicama dvotračnih puteva koji prolaze kroz manja naseljena mesta:

- Objedinjavanje i relokacije pristupa (Slika 1.)



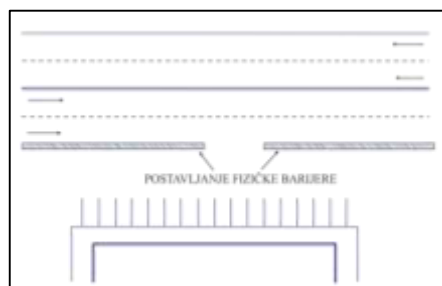
Slika 1. Objedinjavanje i relokacija pristupa
Source: (Rose i dr., 2000)

- Podsticanje korišćenja zajedničkih pristupa (Slika 2.)



Slika 2. Zajednički pristup
Source: (Rose i dr., 2000)

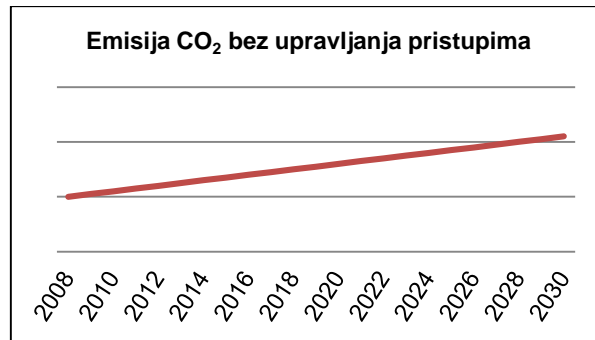
- Postavljanje barijera da bi se sprečili nekontrolisani manevri na podužnim pristupima (Slika 3.)



Slika 3. Relokacija pristupa u cilju maksimiziranja bočne preglednosti
Source: (Rose i dr., 2000)

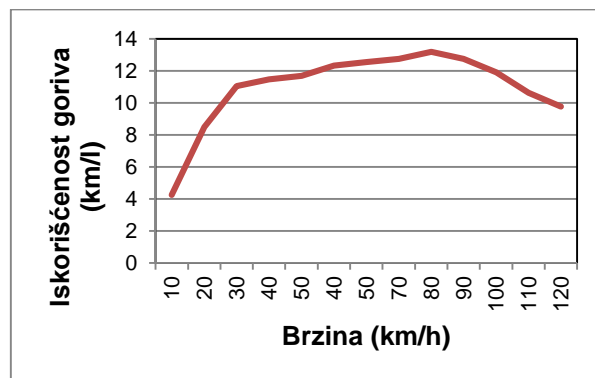
3. UPRAVLJANJE PRISTUPIMA I EMISIJA GASOVA STAKLENE BAŠTE

Na osnovu dosadašnjih istraživanja možemo sa sigurnošću tvrditi da saobraćajna zagušenja na mreži puteva povećavaju emisiju gasova staklene bašte. Upravljanje pristupima predstavlja skup mera koje imaju za cilj upravo smanjenje zagušenja. Bez upravljanja pristupima, tj. veliki broj pristupa po jedinici dužine na deonicama dvotračnih puteva smanjuje brzinu putovanja i iskorišćenje goriva dok povećava emisiju CO₂ i NO_x. Na osnovu toga možemo zaključiti da upravljanje pristupima može imati kao rezultat pored poboljšanja uslova u saobraćajnom toku na gavnom pravcu i smanjenje emisije štetnih gasova odnosno smanjenje zagađenja životne sredine. Postavlja se pitanje kako to smanjenje kvantifikovati i utvrditi. U slučaju da se na prolascima dvotračnih puteva kroz manja naseljena mesta ne koriste mere kontrole pristupa možemo sa daljim porastom stepena motorizacije (povećanje zagušenja na postojećim putnim deonicama) pretpostaviti linearan porast emisije štetnih gasova (Slika 4.) [7].



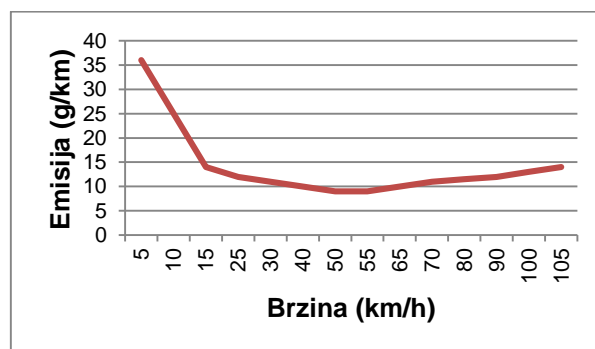
Slika 4. Porast emisije CO₂ bez upravljanja pristupima
Source: (Andersen, D. 2008)

Vozila koja se kreću manjim brzinama, u uslovima stani-kreni, imaju veću potrošnju goriva i emituju veću količinu gasova staklene bašte. Ovi uslovi predstavljaju karakteristike koje se pojavljuju na deonicama dvotačnih puteva pri prolasku kroz manja naseljena mesta, što kao posledicu ima povećanje aerozagađenja, na već sa tog aspekta kritičnim deonicama. Operativne koristi upravljanja pristupima kroz smanjenje zagušenja i vremena putovanja, povećanje prosečne brzine utiču na iskorišćenost goriva i smanjenje emisije štetnih gasova. Ova emisija štetnih gasova direktno je povezana sa iskorišćenosti goriva. Što vozilo ima bolju iskorišćenost goriva to se manje štetnih gasova (CO₂ i NO_x) emituje u životnu sredinu. Na osnovu istraživanja u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) utvrđeno je da se najbolja iskorišćenost goriva ostvaruje pri brzini od 80 do 90 km/h, dok pri manjim ili većim brzina vozilo troši više goriva kao što je prikazano na slici 5 [7].

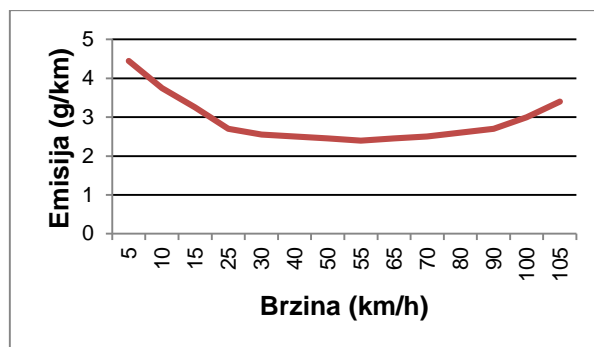


Slika 5. Kriva iskorišćenosti goriva
Source: (Andersen, D. 2008)

Takođe se grafički može prikazati i zavisnost emisije CO₂ od brzine (Slika 6.) kao i zavisnost emisije NO_x od brzine (Slika 7.)



Slika 6. Emisija CO₂ u vezi sa brzinom
Source: (Andersen, D. 2008)



Slika 7. Emisija NO_x u vezi sa brzinom
Source: (Andersen, D. 2008)

4. ISTRAŽIVANJE PROMENA BRZINE U REALNIM USLOVIMA

Brzina predstavlja jedan od najvažnijih parametara saobraćajnog toka sa aspekta efikasnosti i bezbednosti saobraćaja, ali kao što možemo primetiti na Slikama 5., 6. i 7. postoji jaka zavisnost između brzine kojom se vozila kreću i emisije gasova staklene bašte.

Cilj istraživanja je bio da se snime realni podaci o promeni brzine na deonici sa naglaskom na situacije kada se vozila ulivaju u glavni pravac ili se sa njega izlivaju. Prikupljanje podataka je obavljeno korišćenjem GPS uređaja koji se nalazio u vozilu kojim se aktivno učestvovalo u saobraćajnom toku. Snimanja su vršena u oba smera u periodima vršnih saobraćajnih opterećenja, od 11. 3. 2015 do 30. 4. 2015. Obavljeno je ukupno 200 vožnji, dok je detektovano 305 manevara ulivanja/izlivanja koji su doveli do poremećaja u saobraćajnom toku [2].

Opis metodologije: Plutajuće vozilo se uključivalo u saobraćajni tok nekih 400 metara pre početka posmatrane deonice, time se obezbedilo da se pre nailaska na zonu snimanja dostigne brzina saobraćajnog toka. GPS uređaj je podešen tako da beleži položaj i brzinu vozila u intervalu od jedne sekunde, a svako usporenje zbog uliva/izliva se beležilo na diktafonu sa tačnim opisom situacije i tačnim vremenom [2].

Kod odabira putnog pravca i lokacije snimanja kriterijumi koji su morali biti ispunjeni su sledeći: prolazak daljinskog puta kroz naselje i visok procenat tranzitnih kretanja. Put I B–22 zadovoljava sve ove kriterijume. Na putu I B–22 nalazi se veliki broj naselja, ali kao predmet ovog istraživanja odabrana je deonica koja prolazi kroz naselje Meljak, odnosno deonica Velika Moštanica – Vranić (Barajevo). Ova deonica, zbog blizine Beogradu, ispunjava uslov visokog procenta tranzitnih kretanja, odnosno pogodna je za snimanja uticaja pojedinačnih vozila u manevru ulivanja/izlivanja na brzinu saobraćajnog toka.

Dužina izabrane deonice Velika Moštanica – Vranić (Barajevo) je 3.100 m, a od tehničko-eksploatacionih karakteristika izdvajaju se širina saobraćajne trake od 3,1 m, udaljenost bočnih smetnji od 1,0 m i ograničenje brzine na 50 km/h. Broj pristupa na posmatranoj deonici u smeru A (od Beograda) je 66, a u smeru B (ka Beogradu) je 45, odnosno ukupan broj pristupa na posmatranoj deonici je 111 [8].

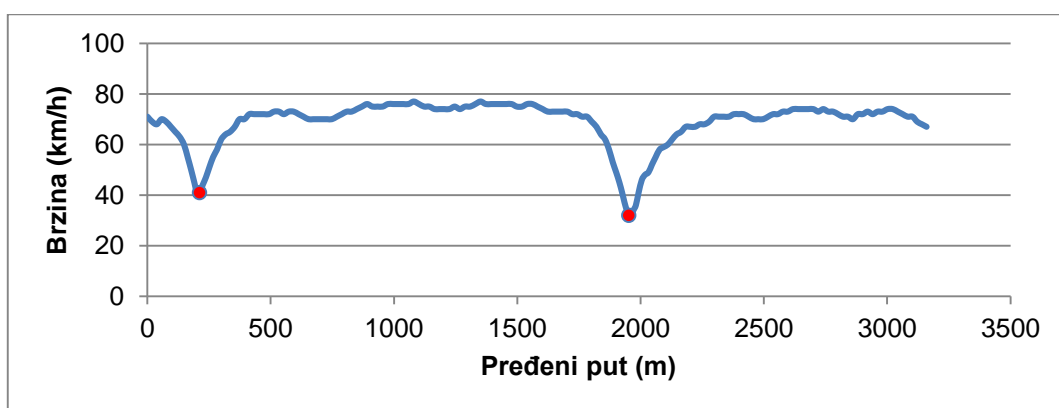
Izračunato standardno odstupanje za širinu pristupa u Smeru A je 16,81 metara, a u Smeru B 17,76 metara. Preko dobijenih vrednosti za standardno odstupanje i koeficijent varijacije može se ilustrovati problem koji nastaje usled neplanske gradnje (urbanizacije) putne mreže R. Srbije [2]. Posmatrana deonica je prikazana na Slici 8.

Upotreba GPS uređaja za snimanje promena brzine na deonici Velika Moštanica – Vranić (Barajevo) imala je za zadatak generisanje podataka o prostornoj promeni brzine saobraćajnog toka. Kao izlazni rezultat snimanja dobijeni su podaci o trenutnoj brzini i pređenom putu vozila za svaku sekundu snimanja.

Na Slici 9. prikazan je primer kada su u toku jedne vožnje zabeležena dva manevara desnog izlivanja. U prvom slučaju smo imali pad brzine sa 70 km/h na 41 km/h, a u drugom pad na 32 km/h. Interesantno je primetiti kako se brzina saobraćajnog toka posle prvog manevara vraća na nivo pre samog manevara i održava ga do pojave sledećeg manevara [2].



Slika 8. Prikaz deonice Velika Moštanica – Vranić (Barajevo)
Source: (Google)



Slika 9. Grafik brzina – pređeni put za vožnju u Smeru A (21. 4. 2015)
Source: (Vidas, M. 2017.)

U Tabelama 1. i 2. prikazani su prosečni podaci za vožnje po broju zabeleženih manevara na pristupima: prosečna brzina, maksimalna i minimalna brzina, vreme putovanja, standardno odstupanje i koeficijent varijacije brzine saobraćajnog toka [2].

Tabela 1. Zbirna tabela za sve vožnje u Smeru A

Broj manevara	Broj vožnji	Prosečna brzina (km/h)	V_{max} (km/h)	V_{min} (km/h)	Vreme putovanja (h)	Standardno odstupanje	Koeficijent varijacije
0	11	62,14	87	33	0,05063	6,4831	10,40 %
1	36	61,57	82	5	0,05073	7,9338	12,90 %
2	23	59,94	87	0	0,05249	10,3307	17,32 %
3	22	56,18	82	2	0,05581	9,9672	17,67 %
4	8	56,28	84	0	0,05542	12,7301	22,65 %

Izvor: (Vidas, M. 2017.)

Tabela 2. Zbirna tabela za sve vožnje u Smeru B

Broj manevara	Broj vožnji	Prosečna brzina (km/h)	V_{max} (km/h)	V_{min} (km/h)	Vreme putovanja (h)	Standardno odstupanje	Koeficijent varijacije
0	26	60,61	82	31	0,05210	5,6065	9,29 %
1	34	60,69	82	9	0,05165	8,8995	14,66 %
2	28	58,45	82	0	0,05360	11,0903	19,41 %
3	12	57,56	83	6	0,05484	11,3517	19,83 %
4	-	-	-	-	-	-	-

Izvor: (Vidas, M. 2017.)

5. ZAKLJUČAK

Drumski saobraćaj predstavlja jedan od najvećih izvora aerozagađenja, upravo iz tog razloga postoji niz mera, propisa i aktivnosti koje imaju za cilj smanjenje emisije gasova staklene bašte. Postavilo se pitanje kako pristupi na deonicama dvotračnih puteva koje prolaze kroz manja naseljena mesta utiču na emisiju štetnih gasova. Ciklične promene brzine kretanja vozila, faze usporenja i faze ubrzanja vozila na glavnom pravcu, predstavljaju nepovoljne situacije koje dovode do povećane potrošnje goriva sam tim i emisije štetnih gasova. Kao što možemo primetiti sa Slika 5., 6. i 7. postoji jaka veza između količine emisije CO₂ i NO_x i brzine kretanja. Kod vangradskih deonica dvotračnih puteva koje prolaze kroz manja naseljena mesta prvo što možemo primetiti jeste da se zbog bezbednosti saobraćaja postavlja veće ograničenje brzine, sa optimalnih 80 km/h (aspekt iskorišćenja goriva) na 50 km/h. Što kao rezultat ima manju iskorišćenost goriva odnosno veću potrošnju goriva zbog vožnje u nižem stepenu prenosa. Pored restriktivnijeg ograničenja, veliki broj pristupa, odnosno manevri vozila vezani za pristupe, dodatno utiču na smanjenje brzine saobraćajnog toka, kao što je prikazano na Slici 9. na kojoj se može videti promena brzine usled dva manevra izliva desno iz glavnog pravca. Manevri levog izliva iz glavnog pravca najčešće dovode do stani-kreni situacija, odnosno vozilo koje čeka dovoljno rastojanje sleđenja u suprotnom smeru radi bezbednog izvođenja manevra u potpunosti zaustavlja saobraćajni tok u posmatranom smeru. U daljem istraživanju uticaja upravljanja pristupima potrebno je ispitati i uticaj na smanjenje emisije CO₂ i NO_x odnosno kvantifikovati povećanje brzine i smanjenje vremena putovanja na glavnom pravcu sa ovog aspekta. Pored dokazanog uticaja na povećanje efikasnosti i bezbednosti saobraćajnog toka na glavnom pravcu, potvrda o smanjenju emisije štetnih gasova kroz dodatna istraživanja predstavljala bi dobru osnovu za uvođenje mera upravljanja pristupima na putnu mrežu R. Srbije.

Literatura

- [1] Pasaoglu, G.; Honselaar, M.; Thiel, C. 2012. *Potential vehicle fleet CO2 reduction and cost implicatons for various vehicle technology deployment scenarios in Europe*. Energy Policy 40 (2012): 404-421
- [2] Vidas, M. 2017. *Uticaj kontrole pristupa na kapacitet i nivo usluge dvotračnih puteva*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet
- [3] Slocomb, W., O'Brien, J., Johnson, G., Trapani, K. 2005. *Highway Functional Classification System for the State of Rhode Island 2005–2015*. Rhode Island Statewide Planning Program, Rhode Island.
- [4] Maze, T., Plazak, D., Witmer, J., Schrock, S. 2000. *Access Management Handbook*. Center for Transport Research and Education, Iowa State University Park, Iowa.
- [5] Nebraska Department of Roads 2006. *Access Control Policy to the State Highway System*. Nebraska, USA.
- [6] Rose, D., Gluck, J., Demosthenes, P., Koepke, B., Levinson, H., Armour, R. 2000. *Review of SDDOT's Highway Access Control Process*. South Dakota Department of Transportation, Office of Research.
- [7] Andersen, D. 2008. *The enviromental and economic benefits of highway access management: A multivariate analysis using system dynamics*. Master rad. University of Nevada, Las Vegas
- [8] Vidas, M.; Vukadinović, K.; Tubić, V. 2017. *Methodology for Determining Weighted Access-Density on Two-Lane Highways: Case Study of the Republic of Serbia*. Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, Vol. 143, Issue 2

ALTERNATIVNI POGON KAO TEHNOLOGIJA SMANJENJA NEGATIVNOG UTICAJA SAOBRAĆAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Nemanja Stepanović¹, dipl. inž. saobr.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

dr Vladan Tubić, dipl. inž. saobr.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, vladan@sf.bg.ac.rs

Rezime: U svetu je u samo u 2016. godini prodato oko 100 miliona novih vozila, što rezultuje porastom stepena motorizacije i transportnog rada. Drumski transport učestvuje sa preko 22% ukupne emisije CO₂, odnosno kao dominantan izvor emisije NO_x sa učešćem od 40% ukupne emisije ovih štetnih gasova. Uprkos brojnim strategijama i politikama održive mobilnosti, upotreba putničkih automobila, kao izrazito dominantne kategorija vozila, je u konstantnom porastu. U ovom radu dat je prikaz aktuelne tehnologije vozila na alternativni pogon koje imaju za cilj smanjenje emisije štetnih materija koje se ispuštaju u okolinu. Prikazana je tehnologija hibridnog, električnog pogona ali i tehnologija vodoničnih gorivnih ćelija, uz poređenje njihovog „ekološkog otiska“ sa vozilima na konvencionalni pogon. Razmatran je uticaj kako direktnih, tako i indirektnih efekata (tzv. Well-to-Wheel analiza) svakog pogonskog sistema. Pregledom literature zaključeno je da najveći potencijal u smanjenju emisije štetnih gasova imaju vozila pokretana vodoničnim gorivnim ćelijama, ako se tehnologija dobijanja vodonika iz prirode zasniva na obnovljivim izvorima ili prirodnom gasu. Dobre rezultate u smanjenju štetnog uticaja pokazuje i hibridizacija vozila, zahvaljujući samostalnoj dopuni baterija (regenerativnim kočenjem) u toku vožnje. Opšti zaključci pokazuju da primena novih tehnologija alternativnog pogona može doprineti zaštiti životne sredine isključivo u slučaju upotrebe obnovljivih izvora za dobijanje energije.

Ključne reči: alternativni pogon, životna sredina, gasovi staklene bašte, obnovljivi izvori energije

ALTERNATIVE FUEL VEHICLE AS THE TECHNOLOGY FOR REDUCTION OF NEGATIVE TRANSPORT INFLUENCE ON THE ENVIRONMENT

Nemanja Stepanović¹, M.Sc.T.E.

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

Vladan Tubić, Ph.D.T.E.

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, vladan@sf.bg.ac.rs

Abstract: 100 million of new vehicles were sold in the World in 2016, resulting in an increase in mobility and passenger-kilometre. Road transport participates with over 22% of the total CO₂ emissions, as well as with dominant 40% share of NO_x emission. Despite the numerous policies and strategies of sustainable mobility, the use of passenger cars, as an extremely dominant category of vehicles, is at a steady pace. This paper presents an overview of the current technology of the alternative fuel vehicles whose main goal is to reduce emissions of harmful pollutants released into the environment. The technology of hybrid, battery electric and hydrogen fuel cell electric vehicles is presented, comparing their carbon footprint with the one of conventional, internal combustion engine vehicles. The influence of both direct and indirect effects (so-called Well-to-Wheel analysis) of each mentioned drive system technology was considered. Literature review showed that hydrogen fuel cell technology has the greatest potential in reducing, if hydrogen is generated from natural gas, or renewable sources. Hybridization of gasoline vehicles also showed a good result in reducing greenhouse gas (GHG) emission, thanks to its self-charging batteries. General conclusion indicates that the application of new alternative fuel vehicle technology can significantly contribute to environmental protection only if renewable energy sources are used.

Keywords: alternative fuel vehicle, environment, greenhouse gas, renewable energy sources, Well-to-Wheel analysis

¹ Autor zadužen za korespondenciju: n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

1. UVOD

Saobraćajni tok se sastoji od sistema čovek-vozilo-put-okruženje. Posebno bitan element ovog sistema jesu vozila, kojih sa porastom stanovnika i ekonomskog razvoja brojnih zemalja ima sve više. U svetu je samo u 2016. godini prodato skoro 100 miliona novih vozila, što predstavlja rast u odnosu na 2006. godinu za oko 30 miliona, uprkos ekonomskoj krizi koja je samo privremeno usporila ovaj trend. (OICA 2016) Velika prodaja vozila uz sve veće potrebe ljudi za kretanjem rezultuju porastom stepena motorizacije, naročito u zemljama i regionima koji ekonomski jačaju i u kojima se vozila koriste kako za realne, tako i za potrebe koje se mogu obaviti alternativnim vidovima transporta. Uprkos brojnim strategijama i politikama održive mobilnosti, činjenice pokazuju da upotreba putničkih automobila, kao izrazito dominantne kategorija vozila, predstavlja naviku koje se korisnici teško odriču. Ovaj problem pored efikasnosti saobraćajnog toka i bezbednosti, negativno utiče i na životnu sredinu.

Razne organizacije koje se bave ekološkim analizama i koje učestvuju u kreiranju politika i strategija za očuvanje životne sredine primorale su proizvođače vozila još krajem prošlog veka, da značajnije unaprede osobine svojih vozila po pitanju izduvnih gasova. Najpre su vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem opremljena katalizatorima, filterima za čestice i čađ, olovo je izbačeno iz goriva itd. U mnogobrojnim zemljama kreirani su emisioni standardi koje nova vozila moraju da zadovolje (evropski EURO, američki EPA, japanski MOE standardi itd.) i koji su iz godine u godinu sve stroži po pitanju emisijih čestica. Uprkos većoj efikasnosti u pogledu smanjene potrošnje goriva i emisije štetnih gasova novih motora, usled značajnog povećanja broja vozila na putevima nije došlo do drastičnog pada emisije pojedinih štetnih gasova (CO₂, NO_x...), dok je emisija pojedinih čestica i porasla. Zbog toga su pojedine zemlje definisale strategije smanjenja emisija štetnih materija koje podrazumevaju strogu dinamiku realizacije i drastično smanjenje gasova i čestica opasnih po zdravlje stanovništva.

S obzirom da usavršavanje efikasnosti motora sa unutrašnjim sagorevanjem dostiže svoje granice, neophodan je razvoj i primena tehnologije koja će drastično smanjiti emisije izduvnih gasova i ostalih materija koje vozila ispuštaju u okolinu tokom svog životnog veka. Jedini mogući način dostizanja zacrtanih ciljeva je razvoj tehnologije alternativnog pogona. Međutim, emisije jednog vozila tokom njegove eksploatacije ne čine ukupan „ekološki otisak“. Naime, potrošnja energije i određeno zagađenje životne sredine javljaju se i u procesu proizvodnje samog vozila i njegovih komponenata, proizvodnje i dopremanja pogonoskog goriva (benzina, dizela, struje, vodonika, gasa itd.) do vozila, uticaj razgradnje pojedinih pogonskih komponenti po isteku životnog veka itd. S obzirom da je reč o elementima drumskog transporta odnosno vozilima koja su prisutna u velikom broju i koja se često dopunjuju pogonoskim gorivom, naročit značaj ima analiza „životnog ciklusa“ goriva, tzv. Well-to-Wheel analiza. Ove analize mogu nam odgovoriti na pitanje koje je pogonsko gorivo budućnosti.

U nastavku rada dat je opšti pregled tehnoloških rešenja alternativnih pogonskih sistema s ciljem smanjenja emisije štetnih gasova i literarni pregled najznačajnijih istraživanja podobnosti masovne primene pojedinih tehnologija u budućnosti iz aspekta zaštite životne sredine.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

Cilj rada odnosi se na izdvajanje aktuelnih tehnoloških rešenja alternativnog pogona i analiza njihovih parametara odnosno efikasnosti u smanjenju emisije štetnih gasova tokom celog procesa upotrebe pogonskog goriva – od proizvodnje do upotrebe i analize produkata.

Kako bi se na najbolji način postigao prethodno opisani cilj, neophodno je pre svega prikazati uzroke odnosno potrebe za primenom novih tehnologija u pogonskim sistemima vozila. Ovo je postignuto pretragom stručne i naučne literature koja se bavi analizama različitih izvora zagađenja, pre svega podataka koji se uglavnom odnose na zemlje EU i SAD.

Radi uporedne analize uticaja alternativnih rešenja pogonskih sistema na životnu sredinu, potrebno je prikazati osnovnu tehničku koncepciju nekih od danas (i u budućnosti) najviše zastupljenih tehnologija. Ovaj osnovni pregled koncepta raznih pogonskih sistema (vozila sa motorom na unutrašnje sagorevanje, hibridna vozila, elektro vozila sa baterijama, vozila na vodonične ćelije itd.) prikazan je na osnovu brojnih informacija proizvođača na koje se može naći literarnim pregledom i pretragom svakog sistema pojedinačno.

Poslednji ali i najbitniji deo rada na osnovu koga možemo da donesemo određene zaključke o potencijalima svakog od različitih sistema alternativnog pogona, sastoji se od literarnog pregleda i prikaza najznačajnijih uporednih istraživanja sprovedenih širom sveta. Reč je o radovima objavljenim u eminentnim časopisima koje se bave ekologijom i zaštitom životne sredine, energijom odnosno fizičkim, hemijskim rešenjima iz oblasti gorivnih ćelija, električnih vozila itd, kao što su: *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, *Fuel Cells – From fundamentals to systems* (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co), *Energy*, *Energy Policy*, *International Journal of Hydrogen Energy*...

Iz navedenih korišćenih izvora izvučene su relevantne informacije i rezultati neophodni za donošenja zaključaka o ukupnom uticaju različitih alternativnih pogonskih sistema na smanjenje uticaja štetnih gasova odnosno očuvanje životne sredine i zdravlja ljudi.

3. UTICAJ TRANSPORTA NA ŽIVOTNU SREDINU

Uticaj transporta na ekonomski, energetski i sve ostale aspekte života ljudi je izuzetno veliki. Saobraćaj i transport imaju velike negativne posledice ali je bez njih jednostavno nemoguće zamisliti život ljudi na bilo kojoj tački planete Zemlje.

Transportni sektor je važna ekonomska grana pa je tako samo u zemljama EU (15 zemalja članica) čak 14 miliona ljudi (10% ukupne radno sposobne populacije) direktno ili indirektno zaposlena u ovom sektoru: oko 6 miliona u transportnim uslugama, 2 miliona u sektoru opreme i dodatnih 6 miliona na poslovima povezanih sa transportom. Čak 14% porodičnih prihoda je vezano za transport. Modalna raspodela transportnih zahteva je sledeća: skoro 79% se kreće putničkim automobilom, dok se ostatak od 21% kreće autobusima, vazdušnim, železničkim i vodnim saobraćajem. Što se tiče transporta robe (t*km), modalna raspodela izgleda nešto drugačije: 43% otpada na drumski transport, 41% na pomorski, 9% na železnički, 4% na rečni i 3% na cevni transport. (Van Mierlo, Magetto, 2007)

Zahtevi za drumskim transportom su se u poslednjim decenijama drastično povećali. U periodu od 1970. do 2005. prosečna mobilnost ljudi se duplirala sa 17 na 35 km. Ukupni transportni rad u Evropi se povećao za 25% u periodu između 1995. i 2008. godine. (Pasaoglu et al. 2012) Kao što je već pomenuto, danas se u svetu prodaje oko 100 miliona novih vozila, uz dostignuti prosečan godišnji rast prodaje od oko 4 miliona vozila, što je naročito zabrinjavajuće.

Uočeni porast mobilnosti, dominantno učešće putničkih automobila pogonjenih motorima sa unutrašnjim sagorevanjem i porast njihovog broja dorinose povećanju zavisnosti od fosilnih goriva i emisiji štetnih izduvnih gasova koji uzrokuju efekat staklene bašte. Tako su se zahtevi transportnog sektora za naftnim derivatima povećali za oko 26% u zemljama EU od 1990. godine, od čega preko 50% otpada na putničke automobile. U pogledu emisija CO₂, drumski transport je drugi najveći izvor CO₂, sa oko 22% ukupno emitovanog ugljen dioksida u 27 zemalja EU u 2008. godini (slika 1). Više od 12% ukupne emisije CO₂ u EU otpada na emisiju putničkih automobila. (Pasaoglu et al. 2012)

Transportni sektor je jedan od najbrže rastućih sektora u zemljama EU u pogledu emisije CO₂ (sa stopom rasta od 36%) u poslednjih 18 godina. Analize su pokazivale da bi se ovaj rast nastavio odnosno da bi se emisija CO₂ duplirala do 2050. godine, bez tehnološkog napretka pogonskih sistema vozila i politika ograničenja emisija. Evropska Unija je zbog toga 2010. godine usvojila strategiju po kojoj bi emisija CO₂ trebala da se smanji za 20% do 2020. i za čak 80% do 2050. godine u odnosu na nivo iz 1990. godine. Da bi se to postiglo, potrebno je postići smanjenje od oko 60% u transportnom sektoru. (Pasaoglu et al. 2012) Pojedine analize pokazuju da bi za dostizanje tog cilja bilo potrebno smanjiti emisiju CO₂ u sektoru drumskog transporta za čak 95% do 2050. s obzirom da su mogućnosti smanjenja emisije drugih sektora dosta ograničene. (Thomas, 2012)

U SAD, sektor putničkih i lako teretnih vozila (dominantno sastavljen od tzv. pick-up, SUV vozila i kombija) odgovorni su za 17,7% svih emisija štetnih gasova koji uzrokuju efekat staklene bašte. Kako bi se dostiglo smanjenje od 80% u odnosu na nivo iz 1990. godine, transportni sektor bi morao da redukuje emisiju za 83%, dok bi putnička i lako teretna vozila morala i više od toga. (Thomas, 2012)

Pored emisije CO₂, drumski transport je izvor i ostalih polutanata. Naročito se izdvaja u emisiji NO_x, po čemu sa 40% predstavlja dominantan udeo emisije štetnih gasova u odnosu na sve ostale grane privrede zemalja EU. (Vestrenge et al. 2009) (European Environment Agency, 2014) Ovaj produkt sagorevanja, pre svega dizel motora, predstavlja izuzetno opasno jedinjenje za respiratorni sistem ljudi. Naročito je opasna visoka koncentracija NO_x u gradovima i urbanim sredinama, gde je na relativno malom prostoru prisutan u značajnoj količini. Drumski transport je jedan od najvećih emitera i partikularnih čestica (PM₁₀, PM_{2.5}), takođe izuzetno opasnih po zdravlje ljudi, sa udelom od oko 12%. (European Environment Agency, 2014)

Uzevši u obzir sve navedeno, izuzetno štetne emisije polutanata koje nastaju kao produkt sagorevanja trenutno dominantnih pogonskih sistema (SUS motori), uz svakodnevni porast mobilnosti, transportnog sektora i broja vozila, zahtevaju što raniju, sveobuhvatnu implementaciju vozila opremljenih novim tehnologijama alternativnog pogona sa ciljem smanjenja negativnih uticaja na životnu sredinu u budućnosti.

4. TEHNOLOGIJA POGONA VOZILA

Ogromna većina vozila na putevima (oko 99% od današnjeg broja vozila) pokretana je tehnologijom motora sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS). Tehnologija SUS motora prisutna je duže od jednog veka. Uz konstantna usavršavanja u pogledu efikasnosti u proteklim decenijama, ona je i dalje jako niska pa tako najčešće varira između 33 i 43%, u zavisnosti od toga da li je u pitanju benzinski, dizel ili motor pogonjen gasom (CNG, LPG). (Gupta et al. 2016) Blagi potencijal za dalje usavršavanje SUS motora postoji ali je on blizu svojih granica. Prethodno nabrojani štetni efekti drumskog transporta na životnu sredinu direktna su posledica procesa sagorevanja fosilnih goriva u SUS motorima.

Zbog svega opisanog u ovom i prethodnom poglavlju, da bi se ostvarili zacrtani ciljevi smanjenja emisija CO₂, NO_x i ostalih polutanata, bio je neophodan razvoj alternativnih pogonskih tehnologija. Proizvođači su počeli sa masovnom serijskom proizvodnjom alternativnih pogona krajem prošlog veka. Postoji nekoliko sistema koji se danas koriste u većem ili manjem obimu i koji su ukratko opisani u nastavku.

4.1 Hibridna električna vozila

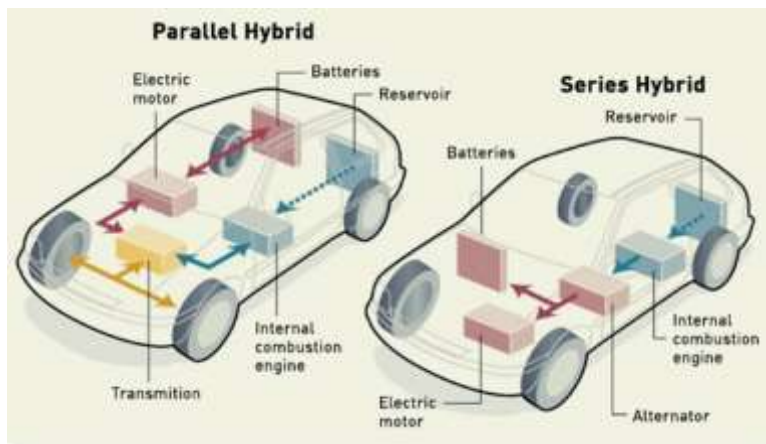
HEV vozila zasnivaju se na dva izvora energije - agregatu za pretvaranje energije (motor SUS ili gorivnih ćelija) i agregatu za akumuliranje proizvedene energije (akumulatori ili ultrakapacitatori). Kompletan pogonski sistem sačinjavaju: toplotni (SUS) motor, električni generator, električni motor, energetski pretvarač i akumulatorske baterije. Smisao postojanja HEV se nalazi u činjenici da ova vozila nemaju problema sa radijusom kretanja jer koriste hemijsko gorivo za pogon toplotnog motora i istovremeno su ekološki čistija i efikasnija u odnosu na klasična vozila jer koriste pogodnosti električnog pogonskog sistema. Snaga instaliranih toplotnih i električnih mašina je veća od potrebne vučne snage i sam sistem je neuporedivo složeniji od EV i vozila sa SUS motorom. Postoje dve osnovne konfiguracije HEV: serijska i paralelna (slika 1). Izuzetak je Tojotin sistem koji ima kombinovan, serijsko-paralelni sistem. U HEV se koriste baterije drugačijih karakteristika u odnosu na EV. (Van Mierlo, Magetto, 2007) U ovom slučaju je mnogo značajnija specifična snaga i mogućnost brzog punjenja i pražnjenja akumulatora nego njihova velika specifična energija kao što je slučaj kod EV. Kapacitet akumulatora je manji nego kod EV. Pored nabrojanih HEV sistema, postoji i tzv. PHEV (*Plug-in hybrid electric vehicle*) koji funkcioniše slično HEV sistemu s tim što omogućava veću autonomiju kretanja zahvaljujući baterijama većeg kapaciteta koje je moguće puniti na spoljnoj mreži.

Serijski (eng. Serial)

Kod serijskih vozila toplotni (SUS) motor pokreće poseban generator kojim se vučni motor snabdeva električnom energijom i dopunjavaju akumulatori. Toplotni motor se koristi u optimalnom radnom režimu, a regulacija brzine se ostvaruje električnim motorom. Postojanje akumulatora i električnog motora omogućava reverzibilno (motorno) kočenje čime se povećava efikasnost vozila. Kod ovog tipa isključivo električni motor služi za pokretanje vozila dok SUS motor služi za dopunu baterija kada se one isprazne. (Van Mierlo, Magetto, 2007) Primer serijskog sistema je Chevrolet Volt/Opel Ampera koji se sastoji iz električnog motora koji ima autonomiju kretanja od 40-80km u čisto električnom modu a kada se baterije isprazne benzinski motor se uključuje i dopunjava baterije dok vozilo i dalje pokreće električni motor. (General Motors, 2016)

Paralelni (eng. Parallel)

Paralelna HEV su koncipirana tako da točkove pokreću i toplotni (SUS) motor i električni motor/generator. Toplotni motor i kod ovog vozila radi u optimalnom režimu, pri čemu električna mašina radi kao generator i dopunjava baterije kada je za kretanje vozila potrebna manja snaga od snage toplotnog motora, a kada je potrebna veća snaga, onda električna mašina radi kao motor koristeći energiju iz akumulatora. Smisao uvođenja ovakve tehnologije HEV se može tražiti u činjenici da je efektivna snaga električnih mašina manja kao i zbog toga što se ovaj sistem više zasniva na regenerativnom kočenju, čime je smanjena i težina vozila. Umesto posebnog motora i generatora ovde se koristi samo jedna mašina čija je snaga manja od snage vučnog motora kod serijskih vozila sličnih dimenzija. (Van Mierlo, Magetto, 2007)



Slika 1. – Šema serijskog i paralelnog hibridnog sistema

Izvor: <https://crankit.in/hybrid-vehicle/>

Serijsko-paralelni (eng. Dual-mode)

Kod Prius-a (serijsko-paralelni eng. Dual mode) postoje i električni motor i generator, ali manjih snaga nego kod čisto serijske tehnologije. Prema potrebama vožnje moguće je da SUS motor pokreće samo generator ili da zajedno sa motorom pokreće točkove, a da generator miruje, kao i mogućnost kretanja vozila isključivo na struju do 2-3 km. Baterije se pune, pored dejstva SUS motora i regenerativnim kočenjem pri kojem se toplotna energija koja se inače ne koristi pretvara u električnu i preko generatora skladišti u baterijama. SUS motor se ne zasniva na klasičnom principu gde je primarno da se iskoristi veći obrtni moment na manjim obrtajima i veća snaga što rezultuje većoj potrošnji, već na Atkinsonovom principu gde je smanjena snaga i obrtni moment na malim obrtajima (jer mu pomaže električni motor koji maksimalni obrtni moment ostvaruje na malim obrtajima) kako bi bila bolja potrošnja. (Van Mierlo, Magetto, 2007)

4.2 Električna vozila (EV)

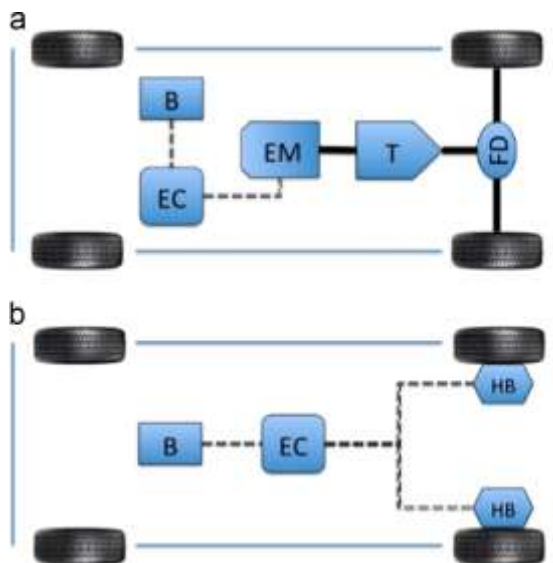
Električna vozila (EV) ili električna vozila na baterije (BEV) su vozila koja nisu opremljena motorom na unutrašnje sagorevanjem već isključivo elektromotorom koji crpi energiju iz baterija. Baterije su najčešće smeštene u podu vozila a njihova najvažnija karakteristika je energetski kapacitet odnosno korisna specifična energija i gustina. Danas su najčešće korišćeni sledeći tipovi baterija (Manzetti, Mariasiu, 2015):

- PB-A: Olovna kiselina – ove baterije su najstariji tip baterija koje imaju jako nizak odnos sačuvane enregije i težina odnosno zapremine i težine. Mana im je i prisustvo olova.
- NiCd: Nikl-Kadium – imaju najduži životni vek izražen u broju ciklusa punjenja i pražnjenja (oko 1500 ciklusa). Najveća mana im je korišćenje teških metala.
- NiMH: Nikl-Metal-Hidrid – Slične su NiCd baterijama a za razliku od litijum-jonskih imaju manji kapacitet i visok koeficijent samopražnjenja.
- Li-ion: Litijum-jonske – imaju veliki kapacitet sa dobrim odnosom gustine i težine. Mane su visoki troškovi, mogućnost samopregrevanja i ograničen životni vek.

Pored nabrojanih koje se najčešće koriste, postoje i Li-ion Polymer, Sodium Nickel Chlorid (NaNiCl) baterije itd. Baterije sa jednom od najvećih vrednosti specifične energije su ugrađene u modele Tesla automobila (S i P), sa odnosom od 140 Wh/kg. Najavljene su i nove baterije koje će imati kapacitet veći i do 30%. (Electrek, 2016)

Postoje 2 osnovna tipa konstrukcije električnih vozila (slika 2):

- a) Automobili standardne konstrukcije sa centralnim električnim motorom i baterijama najčešće smeštenim u podu vozila. Snaga se do točkova prenosi preko menjača,
- b) Automobil je opremljen motorom na svakom pogonskom točku i baterijama koje obezbeđuju energiju za pokretanje. (Manzetti, Mariasiu, 2015)



Slika 2 – Osnovni tipovi konstrukcije električnih vozila (B – baterija, EC – kontrolna jedinica, T – Menjač, EM – električni motor, FD – diferencijal, HB – el. motori na točkovima)

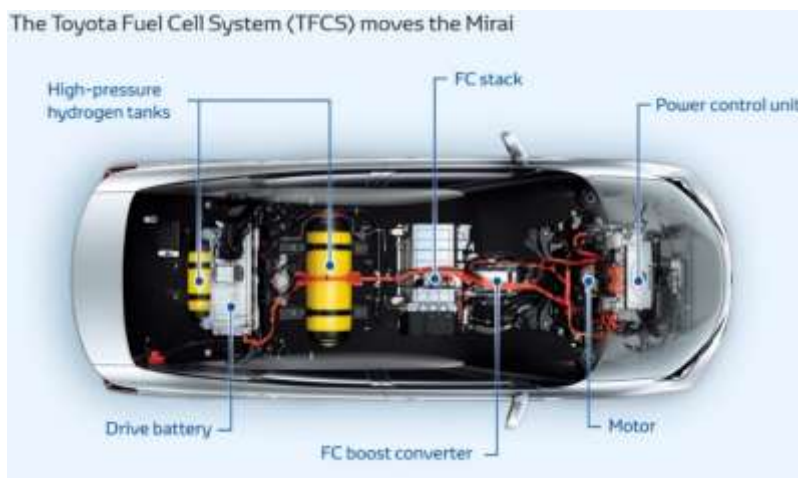
Izvor: (Manzetti, Mariasiu, 2015)

Produkt rada EV, isključivo u pogledu emisije štetnih gasova tokom vožnje je na nultom nivou. (Gupta et al. 2016) Naime, tzv. *Tank-to-Wheel* analiza obuhvata potrošnju energije, emisije izduvnih gasova i sl. u periodu od trenutka napunjenosti skladišta energije za pokretanje motora do kraja procesa vožnje (sledećeg punjenja). U tom periodu, električna vozila ne emituju nikakve polutante, što je poželjno naročito u gusto naseljenim gradovima.

4.3 Vozila na gorivne ćelije (FCEV)

Vozila na gorivne ćelije (FCEV – *fuel cell electric vehicle*) su posebna vrsta električnih vozila koja umesto baterija koriste najčešće vodonične gorivne ćelije za napajanje električnog motora pogonskom energijom. Gorivna ćelija je elektrohemijska ćelija koja direktno pretvara hemijsku eneregiju goriva (u automobilu je to najčešće vodonik) u električnu preko elektrohemijske reakcije vodonika i kiseonika, bez procesa sagorevanja. (Jeong, Oh, 2002) Posmatrajući *Tank-to-wheel* analizu, vozila na vodonične ćelije mogu se klasifikovati kao nulti zagađivači životne sredine, s obzirom da je produkt opisane hemijske reakcije isključivo voda i toplota. Prednost vodonika kao energenta za pokretanje hemijskog procesa i stvaranje struje je u tome što je to jedan od najzastupljeniji elemenata u prirodi, koji može da se dobije iz prirodnog gasa, vode, biljaka itd.

Vozila na vodonične ćelije su tek nedavno počela serijski da se pojavljuju na tržištu. Najčešće je reč o hibridnim sistemima, u kome vodonične ćelije proizvode i skladište električnu energiju u baterije, odakle se šalje u motor. Prvi modeli u striktno ograničenom broju primeraka, počeli su da se nude na tržištu uz specijalne uslove kupovine 2002. godine. 2008. godine Honda je izbacila na tržište model Clarity koji je bio dostupan u svega nekoliko zemalja u ograničenom broju primeraka i mogao je isključivo da se kupi operativnim lizingom. Poslednji, a prvi model koji je u slobodnoj prodaje je Toyota Mirai. Toyotin sistem sastoji se od sklopa gorivnih ćelija, konvertora snage visokog kapaciteta (izlazne snage od 650V), rezervoara za vodonik pod visokim pritiskom (70 MPa), NiMH (Nikl-metal-hidridne) baterija i sinhronog motora naizmenične struje (slika 3). Domet je oko 500 km sa jednim punjenjem rezervoara, koje traje oko 3 minuta. (Toyota Motor Corporation, 2016)



Slika 3 – Toyotin sistem vodoničnih gorivnih ćelija
Izvor: (Toyota Motor Corporation, 2016)

Toyotini inženjeri uspjeli su da reše glavne nedostatke kao što su bezbedno skladištenje vodonika, start u hladnim uslovima itd, dok je cena komponentata sistema znatno niža nego ranijih godina, uz tendenciju daljeg pada sa povećanje obima serijske proizvodnje.

5. ANALIZA UTICAJA TEHNOLOGIJA ALTERNATIVNOG POGONA NA ŽIVOTNU SREDINU

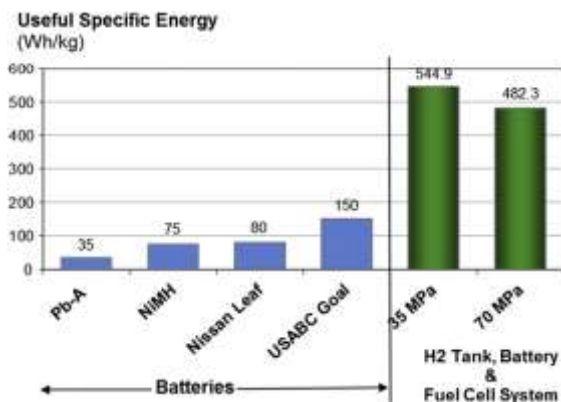
Na osnovu prethodno navedenog, može se doneti nagli, površan i često pogrešan zaključak da su sva vozila sa alternativnim pogonom, pogotovo ona koja spadaju u tzv. vozila sa nultom emisijom, automatski i ekološki prihvatljivija od standardnih vozila. Zabluda može nastati posmatranjem isključivo količinu emisije štetnih gasova u već pominjanim *Tank-to-Wheel* analizama. Ove analize uzimaju u obzir eksploatacione aktivnosti vozila, odnosno vrše ispitivanje energije i emisije štetnih gasova vezanih za upotrebu goriva tokom eksploatacije vozila. Analize obuhvataju brojne aktivnosti energetskog toka, od goriva u rezervoaru do pogonske sile na točkovima. Različite vrste pogonskih sistema imaju drugačiji energetski tok a samim tim i specifične efikasnosti svakog sistema. Međutim, pored *Tank-to-Wheel*, postoje i *Well-to-Tank* analize. Ovo je podjednako bitan deo koji obuhvata analize procesa vezanih za preradu sirovina i goriva. *Well-to-Tank* proces bavi se ocenjivanjem energetske efikasnosti i emisije, od vađenja i prerade sirovina do dostave goriva u rezervoar automobila. Ova dva procesa zajedno spadaju u *Well-to-Wheel* analize koje ispituju energetski i emisioni uticaj goriva tokom svog celokupnog životnog ciklusa. (Gupta et al. 2016) Upravo je sprovođenje *Well-to-Wheel* analiza ključno za donošenje merodavnih zaključaka o izdvajanju goriva odnosno tehnologije budućnosti. U nastavku rada biće prikazani rezultati nekih od značajnih analiza uticaja različitih pogonskih sistema na životnu sredinu.

Naročito interesantno istraživanje (Thomas, 2012) obuhvatilo je *Well-to-Wheel* analizu uticaja različitih pogonskih sistema u SAD, sa ciljem ispitivanja zacrtanih strategija smanjenja uticaja drumskog transporta na životnu sredinu u bliskoj budućnosti. Analize su obuhvatale ispitivanje podobnosti odnosno najveće efikasnosti u pogledu realnog smanjenja emisije štetnih gasova postepenom zamenom postojeće flote vozila vozilima sa nekim od ispitivanih sistema alternativnog pogona. Posebna pažnja bila je usmerena na razlike između *Plug-in* hibridnih električnih vozila (PHEV), električnih vozila opremljenih baterijama (BEV) i vozila na vodonične gorivne ćelije (FCEV).

Kako bi ispitali i uporedili uticaj svake od navedenih tehnologija, prvobitno je bila neophodno sprovesti analizu tržišnog potencijala svake od njih, sa posebnim naglaskom na, mnogima favorizovana, električna vozila. Na osnovu toga može se proračunati buduća struktura toka odnosno kategorije vozila u kojima alternativne pogonske tehnologije mogu da zamene postojeća vozila sa SUS motorima. Razna istraživanja pokazuju da je oko 50% svih vozila u Evropi ili preveliko ili prelaze veće distance da bi komforno mogla da se opreme tehnologijom električnih vozila (BEV). Takođe su pretpostavili da će troškovi nabavke i eksploatacije vozila više kategorije vozila (SUV) pokretana tehnologijom vodoničnih gorivnih ćelija (FFCEV), 2030. godine biti niža od troškova BEV ili PHEV. Naime, Litijum-jonske baterije koje najčešće pokreću savremena električna vozila su preteške i uzurpiraju dosta prostora da bi se njima opremala vozila visoke kategorije, koja prelaze veća rastojanja. Dodatak baterija bilo kom električnom vozilu radi produženja autonomije vožnje (maksimalnog dometa sa jednim punjenjem) je moguća ali to sa sobom povlači drastično dodavanje mase. Povećanje mase zahteva i izmene na konstrukciji vozila (kočnice,

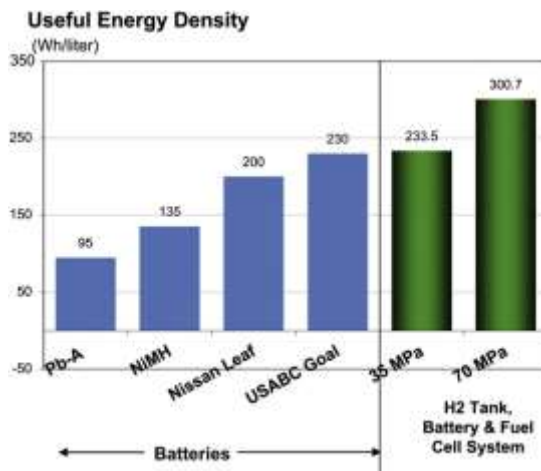
oslanjanje, karoserija itd.) pa je proračunato da je za svakih dodatih 100 kg baterija potrebno dodati još 60 kg u samoj strukturi vozila. (Thomas, 2012)

Masa svakog električnog automobila je ograničena korisnom specifičnom energijom (Wh/kg) kompletnog pogonskog sistema. Na slici 4 može se videti napredak baterija u pogledu korisne specifične energije tokom vremena i njihovo poređenje sa sistemom vodoničnih gorivnih ćelija sa rezervoarima od 35 i 70 MPa. Potrebno je ponovo napomenuti da su baterije sa jednom od najvećih vrednosti specifične energije danas dostupne na tržištu, ugrađene u modele Tesla automobila (S i P), sa odnosom od 140 Wh/kg, što je skoro u skladu sa dugotrajnim ciljevima USABC-a (američki konzorcijum tehnologija baterija).



Slika 4 – Korisna specifična energija baterija u poređenju sa sistemom za skladištenje gorivnih ćelija
Izvor: (Thomas, 2012)

Blaga prednost gorivnih ćelija ogleda se i korisnoj gustini uskladištene energije, koja pokazuje koliko prostora u vozilo mora biti zauzeto na vozilu da bi se obezbedila zahtevana autonomija (slika 5).



Slika 5 – Korisna energetska gustina skladištenja baterija i sistema gorivnih ćelija
Izvor: (Thomas, 2012)

Na osnovu svega opisanog (mase vozila, autonomije vožnje, korisne specifične energije i gustine itd.), odlučeno je da električna vozila (BEV) imaju potencijal da zamene male i srednje kategorije automobila, dok vozila na vodonične gorivne ćelije mogu zameniti sve kategorije putničkih automobila. Istraživanjem su obuhvaćena sva vozila pomenutih kategorija na putevima SAD. Proračun emisije vozila vršen je na osnovu *Argonne National Laboratory GREET* modela, u kome se pored strukture toka, specifikacija pogonskih sistema nalaze i podaci o elektro-energetskoj mreži SAD, odnosno informacije o izvoru dobijanja el. energije. (Thomas, 2012) Kao što je već rečeno, *Well-to-Wheel* analize posmatraju celokupan "životni ciklus" goriva, pa je neophodan podatak da li se gorivo dobija iz fosilnih odnosno neobnovljivih izvora energije (ugalj, nafta, prirodni gas) ili iz ostalih obnovljivih

izvora kao što su nuklearna energija, hidro energija itd. Na osnovu pomenutog modela moguće je proračunati emisiju CO₂ i ostalih polutanata alternativnih pogonskih sistema, od procesa proizvodnje goriva do njegovog iskorišćenja pri stvaranju energije za pokretanje vozila.

Utvrđeno je da se elektro-energetski sistem u SAD primarno zasniva na fosilnim gorivima. Čak 70,3% ukupno proizvedene struje u SAD (u 2010. godini) dobijeno je iz fosilnih goriva i to: 40,6% iz uglja, 23,1% iz prirodnog gasa i 1% iz nafte. Predviđa se da će se do 2035. godine ovaj procenat neznatno smanjiti na 68,6%. (Thomas, 2012)

Na osnovu pomenutih procenata korišćenja fosilnih goriva u elektro-energetskom sistemu u SAD, primenjen je pomenuti GREET model. Rezultati pokazuju da bi električna vozila (BEV) čije se baterije pune sa prosečne elektro mreže SAD, do 2035. godine emitovale oko 33% više štetnih gasova u odnosu na vozila sa vodoničnim gorivnim ćelijama, za koje se vodonik dobija iz prirodnog gasa. Uočeno je takođe da bi Plug-in hibridna vozila (PHEV) emitovale od 5,8 do 9% više štetnih gasova u odnosu na klasična hibridna vozila (HEV) koja bi se kretala isključivo na benzin (samostalno punjenje baterija u toku vožnje, regenerativnim kočenjem itd.). (Thomas, 2012) Naravno, dobijene vrednosti emisije štetnih gasova mogu biti umanjene povećanjem zastupljenosti električne energije za punjenje baterija električnih vozila dobijene iz obnovljivih izvora. Takođe, vozila na vodonične gorivne ćelije mogu smanjiti sopstvenu emisiju dobijanjem vodonika iz obnovljivih izvora ili čak nus produkta industrije (hemiska industrija itd. emituju vodonik i izbacuju ga u atmosferu). Električna vozila koriste i oko četiri puta više naftnih derivata (u procesu vađenja uglja, transporta itd.) u odnosu na vozila sa vodoničnim gorivnim ćelijama. Međutim, obe tehnologije koriste manje od 4% goriva u odnosu na prosečan automobil sa SUS motorom.

Sama električna vozila (BEV) bi, ukoliko zamene celokupnu klasu malih deo srednje klase vozila u SAD mogla da umanje emisiju štetnih gasova automobila i lakih teretnih vozila za oko 7,5% (uz postojeći procenat korišćenja fosilnih goriva za dobijanje el. energije na mreži SAD). Kada bi sva ostala vozila zamenili Plug-in hibridna vozila, postigla bi se ušteda od 25% emisije štetnih gasova i oko 67% potrošnje nafte. Ukoliko bi, sa druge strane, vozila sa gorivnim ćelijama zamenila sva vozila u SAD, postigla bi se ušteda od 40% u emisiji štetnih gasova i skoro 100% u potrošnji nafte (ukoliko bi vodonik i dalje bio dobijan iz prirodnog gasa). (Thomas, 2012)

Slično istraživanje sprovedeno je i u Indiji (Gupta et al. 2016) sa ciljem da odgovori na pitanje koja tehnologija je najefikasnija za smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih gasova na rastućem Indijskom tržištu, koje se svake godine uveća za preko 2,5 miliona putničkih automobila. Ispitivanja su vršena u skladu sa stilom vožnje primenjivim u toj zemlji radi dobijanja merodavnih rezultata koji su u skladu sa lokalnim uslovima. Sprovedena je *Tank-to-Wheel* analiza koja je obuhvatila čak 28 različitih konfiguracija automobila kompaktne klase (razni tipovi SUS motora, hibridna, električna, vozila na gorivne ćelije itd.) merodavne za tržište u Indiji. Kao i u slučaju istraživanja iz SAD, i ovde je primenjen simulacioni softver razvijen na matematičkom modelu istraživača. (Gupta et al. 2016) Rezultati su pokazali da među SUS motorima najveću efikasnost ima dizel motor (25-32% *Tank-to-Wheel* efikasnosti). Najveću efikasnost očekivano su pokazala električna i vozila na vodonične ćelije. Hibridna vozila takođe ostvaruju znatne uštede u potrošnji goriva i emisiji štetnih gasova zahvaljujući efikasnijem radu motora, regenerativnom kočenju, gašenju motora prilikom zaustavljanja itd. Najefikasnijim se pokazao serijsko-paralelni hibridni sistem. Zaključeno je da hibridna vozila predstavljaju dobru polaznu osnovu za povećanje brige o životnoj sredini i potrošnji energenata, naročito jer su ovakvi alternativni pogonski sistemi zastupljeniji, a samim tim i jeftiniji od savremenih električnih ili vozila na gorivne ćelije. Hibridna vozila takođe postižu najveću efikasnost upravo u gradskim uslovima vožnje, što odgovara dominantnom stilu vožnje prisutnom u Indiji. (Gupta et al. 2016)

Još jedna od značajnih studija na ovu temu rađena je za 27 zemalja EU. (Pasaoglu et al. 2012) Analiza je zasnovana na ispitivanju potencijalnog razvoja tehnologija pogonskih sistema za putnička i laka teretna vozila u zemljama EU do 2050. godine. Obuhvatila je razvoj politika i strategija o dozvoljenim emisijama štetnih gasova vozila, ispitivanje primenjivosti bio-goriva, alternativnih pogonskih sistema. *Well-to-wheel* analizom obuhvaćeno je poređenje isplativosti uvođenja hibridnih (HEV, PHEV), električnih vozila (BEV), vozila na vodonične gorivne ćelije (FCEV) itd, kroz četiri pretpostavljena scenarija. Zaključeno je da je politikom uslovljenim poboljšanjem efikasnosti vozila sa SUS motorom uz korišćenje bio-goriva, moguće postići do 25% redukcije u emisiji CO₂ i ostalih polutanata do 2030. godine, u poređenju sa stanjem u 2010. godini. Ovaj procenat može biti i veći, u zavisnosti od primenjenog scenarija. Nakon 2030. godine i nemogućnosti daljeg usavršavanja postojećih tehnologija SUS motora i bio-goriva, uz istovremeno usavršavanje i pojeftinjenje električnih i vozila na vodonične ćelije, moguće je do 2050. godine ostvariti uštede od 35 do 57% emisije CO₂ i ostalih štetnih gasova. (Pasaoglu et al. 2012) Uz razvoj vozila potreban je i razvoj elektro-energetskog sistema koji bi se sve više oslanjao na obnovljive izvore energije i koji bi bio spreman da primi povećanu potražnju za el. energijom nakon omasovljavanja vozila na električni pogon.

6. ZAKLJUČAK

Na putevima širom sveta se, prema brojnim procenama, trenutno nalazi preko 1,2 milijarde vozila, uz predviđanja porasta na 2 milijarde u narednih 20-ak godina. Porast mobilnosti stanovništva, uz dominantno modalno učešće putničkih vozila posebno zabrinjava, ne samo po pitanju efikasnosti i bezbednosti saobraćajnog sistema već i po pitanju uticaja na životnu sredinu. Ekološki problemi prouzrokovani procesima nastanka goriva i sagorevanjem u SUS motorima su sve veći, naročito u gusto naseljenim urbanim sredinama. Drumski transport odgovoran je za 22% ukupne emisije CO₂, rekordnih 40% NO_x, 12% partikularnih čestica (PM10, PM2.5) itd. To je navelo brojne zemlje da uvedu sve strožije politike i strategije smanjenja uticaja saobraćaja na životnu sredinu, pa je tako EU usvojila strategiju 2010. godine da se emisije CO₂ smanje za 20% do 2020. i za čak 80% do 2050. godine.

Kako bi se to postiglo, s obzirom na nemogućnost drastičnog unapređenja efikasnosti SUS motora koji se približavaju svom maksimumu, neophodno je analizirati alternativne tehnologije pogona i povećati njihovo učešće u saobraćajnom toku. Potrebno je sprovesti brojna ispitivanja uticaja pogonskih tehnologija na životnu sredinu, koje su relativno skoro počele masovnije da se pojavljuju na tržištu. Međutim, za ispitivanje njihovog uticaja nije dovoljno isključivo posmatranje emisijskih vrednosti tokom vožnje odnosno eksploatacije vozila, već je potrebno uključiti ceo "životni ciklus" energenta za pokretanje: od njegovog izdvajanja iz prirode i procesa proizvodnje, do transporta u skladištene kapacitete vozila i procesa pogona istog. Drugim rečima, neophodno je sprovesti tzv. *Well-to-Wheel* analize različitih tehnologija alternativnog pogona (hibridna vozila, električna vozila sa baterijama, vozila na vodonične gorivne ćelije itd.) jer jedino one mogu dati odgovor na pitanje koje je alternativno pogonsko gorivo odnosno gorivo budućnosti.

Brojna istraživanja pokazuju da vozila na alternativni pogon doprinose smanjenju emisija polutanata kao i smanjenju upotrebe naftnih derivata. U tome prednjače vozila sa električnim pogonom ali ne onoliko koliko se to možda očekuje. Njihovo ograničenje leži u baterijama za skladištenje energije, koje su i dalje teške, glomazne i ne obezbeđuju zahtevanu autonomiju. Efikasnost baterija se povećava, pa tako današnje litijum-jonske baterije mogu da obezbede autonomiju od oko 500 km (u povoljnim atmosferskim, terenskim i eksploatacionim uslovima) ali to uz sporo punjenje i dalje nije dovoljno za zamenu svih kategorija vozila ovom tehnologijom. Veliki uticaj na očuvanje životne sredine ogleda se i u elektro-energetskoj mreži određenog područja, pa ukoliko se većina el. energije dobija iz fosilnih odnosno neobnovljivih izvora, smanjenje emisije ne bi bilo drastično. Vozila na vodonične gorivne ćelije pokazuju slične odnosno nešto bolje rezultate emisije, imaju veću autonomiju i drastično kraće vreme punjenja. Međutim, konkretne vrednosti takođe zavise od izvora dobijanja vodonika, koji se mora dobijati iz prirodnog gasa ili nekih obnovljivih izvora kako bi ukupan ekološki otisak ovih vozila bio bolji od električnih vozila sa baterijama. Hibridni sistemi predstavljaju dobro prelazno rešenje, između vozila sa SUS motorima i električnih ili vozila sa vodoničnim ćelijama i doprinose smanjenju emisije CO₂ i ostalih štetnih gasova zahvaljujući većoj efikasnosti motora, regenerativnom kočenju, smanjenju vremena rada motora, određene autonomije u električnom modu itd. Rezultati brojnih *Well-to-Wheel* analiza u SAD pokazuju da bi masovna primena alternativnih pogonskih tehnologija redukovala emisiju štetnih gasova od 28% za hibridna vozila, do skoro 47% za vozila na vodonične gorivne ćelije. Slična ispitivanja na u Evropi pokazuju da su do 2050. godine, u kojima bi masovno učešće alternativnih pogona bilo realno, moguće uštede u emisiji CO₂ od 35 do 57%.

Na kraju se može zaključiti da je potrebno podsticati veće učešće vozila na alternativni pogon, sa posebnim naglaskom na električna (BEV) i vozila na vodonične gorivne ćelije. Međutim, istovremeno je neophodno prilagođavanje elektro-energetskih sistema zemalja, kako povećanje zahteva za električnom energijom masovnijom pojavom električnih vozila ne bi doprinelo većem zagađenju vazduha štetnim gasovima. Ovo je moguće sprovesti prelaskom na obnovljive izvore energije za rad centrala (solarna energija, hidro energija, energija vetra itd.). Samo održivim sistemima i većom zastupljenošću vozila na alternativni pogon može se smanjiti evidentno štetan uticaj transporta na životnu sredinu.

LITERATURA

- [1] Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles - OICA (2016). Registration or sales of new vehicles, (on-line) available at: <http://www.oica.net/wp-content/uploads/total-sales-2016.pdf> (29.3.2017)
- [2] Van Mierlo, J., Magetto, G. (2007). Fuel Cell or Battery: Electric Cars are the Future, *Fuel Cells* (07), No:2, 165–173.
- [3] Pasaoglu, G., Honselaar, M., Thiel, C. (2012). Potential vehicle fleet CO₂ reduction and cost implications for various vehicle technology deployment scenarios in Europe, *Energy Policy* 40, 404 – 421.
- [4] Thomas, S. (2012). How green are electric vehicles, *International journal of hydrogen energy* (37), 6053–6062.

- [5] Vestreng. V., Ntziachristos. L., Semb. A., Reis. S., Isaksen. I.S.A., Tarrason. L. (2009). Evolution of NO_x emissions in Europe with focus on road transport control measures, *Atmospheric Chemistry and Physics* (9), 1503–1520.
- [6] European Environment Agency (2014). Air pollutant emissions data viewer (LRTAP Convention), (on-line) available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/air-emissions-viewer-lrtap> (28.3.2017)
- [7] Gupta. S., Patil. V., Himabindu. M., Ravikrishna. R.V. (2016). Life-cycle analysis of energy and greenhouse gas emissions of automotive fuels in India: Part 1 – Tank-to-Wheel analysis, *Energy* (96), 684–698.
- [8] General Motors (2016). Technology, (on-line) available at: <https://www.gm.com/all-news-stories/technology.html> (25.6.2017)
- [9] Manzetti. S., Mariasiu. F. (2015). Electric vehicle battery technologies: From present state to future systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (51), 1004–1012.
- [10] Electrek (2016). Tesla Model 3's battery energy density, (on-line) available at: <https://electrek.co/2016/11/14/tesla-model-3-battery-energy-density-model-s/> (26.6.2017)
- [11] Jeong. K. S., Oh. B. S. (2002). Fuel economy and life-cycle cost analysis of a fuel cell hybrid vehicle, *Journal of Power Sources* (105), 58 – 65.
- [12] Toyota Motor Corporation (2016). Innovation – environment technology, (on-line) available at: http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/ (26.6.2017)

UPOREDNA ANALIZA SADRŽAJA IZDUVNIH GASOVA VOZILA SA OTO MOTORIMA

Branimir Đurić¹, Aleksandar Trifunović², dr Svetlana Čičević³

¹ Fakultet inženjerskih nauka-Univerzitet u Kragujevcu, branimirdjuric@hotmail.rs

² Saobraćajni fakultet-Univerzitet u Beogradu, a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

³ Saobraćajni fakultet-Univerzitet u Beogradu, s.cicevic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Usavršavanje konstruktivno tehničkih rešenja pogonskih agregata sa primenom mehatroničkih sistema i poboljšanjem hemijskog sastava kvaliteta pogonskog goriva, postiže se smanjenje emisije izduvnih gasova motornih vozila. Razvoj mehatroničkih sistema na motornim vozilima je značajno doprineo smanjenju potrošnje pogonskog goriva, što je uticalo na poboljšanje hemijskog sastava benzina i dizel goriva, a samim tim i smanjenje zagađenja životne okoline. Prvobitna uloga zakonskih akata ima za cilj smanjenje štetnih elemenata (čestica), koji se iz vozila emituju u atmosferu. Cilj rada je poređenje emisija izduvnih gasova dva vozila. Ogledna vozila, čiji su izduvni gasovi analizirani su Zastava 101 sa pogonom na tečni naftni gas i bezolovni motorni benzin, i Škoda „Citigo“ sa pogonom na bezolovni motorni benzin. Rezultati merenja komponenti izduvnih gasova oba vozila, prikazani su u radu.*

Ključne reči: *izduvni gasovi, zagađenje životne okoline, OTO motori, merenja komponenti izduvnih gasova.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF EXHAUST EMISSIONS FROM VEHICLES WITH OTTO ENGINE

Branimir Đurić¹, Aleksandar Trifunović², PhD Svetlana Čičević³

¹ Faculty of Engineering-University of Kragujevac, branimirdjuric@hotmail.rs

² Faculty of Transport and Traffic Engineering-University of Belgrade, a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

³ Faculty of Transport and Traffic Engineering-University of Belgrade, s.cicevic@sf.bg.ac.rs

Abstract: *Improvement of the constructively technical solutions of power generators with the application of mechatronic systems and improvement of the chemical composition of the quality of the propellant, a reduction in the emission of exhaust gases of motor vehicles is achieved. The development of mechatronic systems on motor vehicles has significantly contributed to the reduction in consumption of propellant, which has influenced the improvement of the chemical composition of petrol and diesel fuel, and consequently the reduction of environmental pollution. The primary role of legal acts is to reduce harmful elements, which are emitted from the vehicle to the atmosphere. The aim of this paper is to compare emissions of exhaust gases of two type vehicles. The experimental vehicles, whose exhaust gases, were analyzed by Zastava 101 (liquefied petroleum gas and petrol) and Škoda Citigo (petrol). The paper presents key measurement results.*

Keywords: *exhaust gases, environmental pollution, OTTO engines, measurement of exhaust gas components.*

1. UVOD

Porastom broja vozila iz godine u godinu, povećava se i aero zagađenje od korišćenja motornih vozila i drumskog saobraćaja, koje negativno utiče na zdravlje ljudi i zagađenje čovekove okoline, kao i na uništavanje ozonskog omotača, što utiče na globalno zagrevanje cele planete. Istraživanja su pokazala da 50% od ukupnog aerozagađenja, koje nastaje u gradovima, pored dimnjaka fabrika, toplana i domaćinstava koja za ogrev koriste čvrsta goriva, potiče od korišćenja motornih vozila i drumskog saobraćaja. Sa porastom broja motornih vozila i intenziviranjem saobraćaja pojačao se i uticaj izduvnih gasova na životnu sredinu [1]. Zapadno industrijsko društvo je od 1968. godine počelo sa ograničavanjem emisije štetnih gasova motornih vozila. U tom zakonskom procesu vodeću ulogu su imale Sjedinjene Američke Države. Zakonske granice emisije štetnih materija su se neprestano pooštrevale. Da bi se ti zahtevi mogli zadovoljiti u svakodnevnim uslovima, postao je neophodan dijagnostički sistem za nadgledanje rada komponenti i sistema u celini odgovornih za sastav izduvnih gasova. Na nivo zagađenja vazduha utiču sledeći parametri vozila: starost vozila i njihova tehnička ispravnost, kvalitet i vrsta pogonskog goriva, kapacitet ulica, način organizovanja i upravljanja gradskim saobraćajem, geografski položaj grada.

Pri eksploataciji motornih vozila, motori kao njihovi pogonski agregati, izbacuju u atmosferu produkte sagorevanja, koji sadrže i do 280 različitih materija, od kojih neke imaju toksična, pa i kancerogena svojstva.

² Aleksandar Trifunović: a.trifunovic@sf.bg.ac.rs

Za sve vreme postojanja, motori SUS su prošli kroz složeni evolucioni proces i danas su dostigli visoki stepen savršenstva. Poslednjih 40 godina sadržaj toksičnih komponenti u produktima sagorevanja umanjio se za 70%, a mnogi proizvođači motora i vozila maštaju o nultoj toksičnosti produkata sagorevanja i o „ekološki čistom vozilu“. Postojali su pokušaji da se motor SUS zameni nekim drugim motorom, koji ne bi emitovao toksične komponente, ali su ti pokušaji imali ograničen uspeh. Do danas nije proizveden drugi motor, koji bi obezbedio motornom vozilu taj kvalitet i mogućnosti koje ono danas poseduje. Zato je, na početku XXI veka, motor SUS i dalje ostao dominantan pogonski agregat motornih vozila [2] i pored sve više zastupljenih hibridnih i elektromotora.

Postavljanjem i primenom visokih ekoloških propisa od nivoa države i sprovođenja istih od strane proizvođača motornih vozila i pogonskih agregata uz vrlo visoka finansijska ulaganja, postižu se zacrtani kvaliteti proizvodnje pogonskih agregata, a samim tim i proizvodnja pogonskih goriva odgovarajućeg hemijskog sastava definisanih od strane Direktiva Evropske Unije. Nemogućnost, kao i nepoštovanje zacrtanih standarda, utiće na opstanak proizvođača pogonskih agregata, kako zbog vrlo visokih novčanih kazni, tako će i od strane potencijalnih kupaca motornih vozila, biti sankcionisano, jer i korisnicima motornih vozila je u interesu da motorna vozila, odnosno njihovi pogonski agregati imaju što manju potrošnju goriva, a u cilju postizanja ekonomičnosti. Razvoj mehatroničkih sistema na motornim vozilima je značajno doprineo smanjenju potrošnje pogonskog goriva, što je uticalo na poboljšanje hemijskog sastava benzina i dizel goriva, a samim tim i manje emisije izduvnih gasova.

Još jedna od mera smanjenja količine izduvnih gasova je i kontrola vozila na tehničkom pregledu. Pri kontroli sastava izduvnih gasova na tehničkom pregledu, kontrolor može da uoči mogućnost postojanja otkaza sistema za nadzor izduvne emisije, jednostavnim pogledom na kontrolnu tablu vozila kada motor radi („MIL“ lampica na kontrolnoj tabli vozila). Pri ispitivanju sastava izduvnog gasa analizatorima na tehničkom pregledu se meri sadržaj gasova: CO₂ - ugljen-dioksid, CO - ugljen-monoksid, HC - ugljovodonici, O₂ - kiseonik. Analiza četiri nabrojana izduvna gasa (merenje njihovog zapreminskog udela u ukupnoj zapremini izduvnog gasa), merenje parametara rada motora (temperature ulja i broja obrtaja motora), kao i proračun lambda faktora (λ -predstavlja odnos između stvarno usisane i teoretski potrebne količine vazduha 1:14,7 kg), dovoljni su za procenu optimalnosti sagorevanja, a samim tim i procenu tehničke ispravnosti vozila [3,4].

Ugljen-monoksid nastaje kao produkt nepotpunog sagorevanja pogonskog goriva, pa zbog toga u zoni bogate smeše (kada ima viška goriva) postoji zavisnost količine ugljen-monoksida od lambda faktora (što je smeša bogatija, veća je koncentracija ugljen-monoksida, i obrnuto (u zoni siromašne smeše ne postoji značajan uticaj smeše na procenu koncentracije ugljen-monoksida, uvek je relativno mala). Ovom gasu se posvećuje najveća pažnja i njegova koncentracija iznad dozvoljene granice direktan je razlog ne prolaska vozila na tehničkom pregledu. Ugljovodonici bi u potpunosti trebalo sagoreti u cilindrima, ali u realnim uslovima sagorevanja to nije moguće. Ugljovodonici u izduvnim gasovima mogu nastati i usled povećane potrošnje ulja u motoru. Najmanja koncentracija ugljovodonika se postiže u zoni blago siromašne smeše. U zoni bogate smeše ugljovodonik se ponaša slično ugljen-monoksidu, odnosno što je smeša bogatija to je koncentracija ugljovodonika veća. Sa druge strane, porast se događa i u zoni siromašne smeše. Razlog za povećani udeo ugljovodonika u siromašnoj smeši je ranije gašenje gorive smeše u cilindrima i ne sagorevanje ukupne mase goriva. Količina ugljovodonika se ne izražava u procentima, kao kod ostalih gasova, već u manjoj bezdimenzijskoj matematičkoj veličini (ppm). U izduvnim gasovima uvek ima kiseonika (O₂), koji je posledica nepotpunog sagorevanja. U zoni bogate smeše njegova koncentracija je minimalna, ali prelaskom u zonu siromašne smeše njegova koncentracija raste [3,5].

Vozila sa motorom sa kompresionim paljenjem (dizel), nakon što je motor postigao radnu temperaturu propisanu od strane proizvođača vozila, ne smeju imati srednji koeficijent zacrnjenja izduvnog gasa veći od vrednosti propisane od strane proizvođača i deklarisanе prema jednobraznim tehničkim uslovima [4]. Ukoliko podaci proizvođača vozila nisu poznati, tada za vozila bez nadpunjenja, vrednost srednjeg zacrnjenja ne sme biti veća od 2,5 m⁻¹; za vozila sa nadpunjenjem, vrednost srednjeg zacrnjenja ne sme biti veća od 3,0 m⁻¹. Vozila koja su prvi put registrovana u Republici Srbiji nakon 1. marta 2011. godine, vrednost srednjeg zacrnjenja ne sme biti veća od 1,5 m⁻¹. Srednji koeficijent zacrnjenja izduvnog gasa izračunava se kao srednja vrednost najmanje tri merenja vrednosti koeficijenta zacrnjenja metodom slobodnog ubrzanja do najvećeg dozvoljenog broja obrtaja. Vozila koja za pogon koriste više vrsta goriva, moraju pri korišćenju svake vrste goriva zadovoljiti napred navedene vrednosti. Vozila koja za pogon koriste kombinaciju goriva (na primer osnovno gorivo dizel i gasno gorivo istovremeno), moraju zadovoljiti kriterijume vrednosti emisije izduvnih gasova za osnovno gorivo [6]. Merenje izduvnih gasova na linijama tehničkih pregleda daje povratnu informaciju vozaču o količini izduvnih gasova koje emituje njihovo vozilo, što je prvi indikator eventualne popravke vozila. Isključivanjem ili popravkom vozila koja ne ispunjavaju propisane norme, značajno bi se uticalo na smanjenje štetnih izduvnih gasova iz vozila [7].

2. METODOLOGIJA MERENJA SADRŽAJA IZDUVNIH GASOVA OTO MOTORA

2.1. Predmet merenja

Merenje komponenti izduvni gasova je vršeno na dva ogledna vozila, Škoda Citigo i Zastava 101. Upoređivanje komponenti izduvni gasova kada je ogledno vozilo Zastava 101 koristilo dva različita pogonska goriva i to bezolovni motorni benzin i tečni naftni gas, kao i upoređivanje sa izmerenim komponentama izduvni gasova Škode Citigo koja ima Euro V motor sa ugrađenim mehatroničkim sistemom. Merenje izduvni gasova motornih vozila se vrši iz dva razloga, prvi je utvrđivanje tehničke ispravnosti mehatroničkih sistema motora, do je drugi utvrđivanje količine štetnih komponenti u izduvnim gasovima.

Ogledno vozilo putnički automobil marke Škoda Citigo, prešlo je ukupno 3900 km, proizvedeno je 2013. godine. Tehničke karakteristike vozila prikazane su u Tabeli 1.

Tabela 1. Performanse oglednog vozila Škoda Citigo

Motor i prenos		Potrošnja i ekologija	
Broj cilindara	3	Prosečna potrošnja u gradu	5,1 [l/100km]
Raspored cilindara	Linijski-redni	Prosečna potrošnja van grada	3,7 [l/100km]
Broj ventila po cilindru	4	Kombinovana potrošnja	4,2 [l/100km]
Prečnik, hod klipa	74.5x76.4 mm	Emisija [SO ₂]	96 g/km
Tip ubrizgavanja	jednogri karburator	Katalizator	Standardni
Sistem otvaranja ventila	/	Težina i dimenzije	
Radna zapremina motora	1100 cm ³	Dužina	3563 mm
Maksimalna snaga	55kw 75ks	Širina	1645 mm
Maksimalni broj obrtaja	6000 o/min	Visina	1463 mm
Maksimalni obrtni moment	77,4 Nm	Međuosovinsko rastojanje	2420 mm
Stepen kompresije	9,2	Težina praznog vozila	840 kg
Tip menjača	Manuelni	Maksimalna dozvoljena težina	1235 kg
Broj stepeni prenosa	5	Performanse	
Katalizator	/	Maksimalna brzina	171 km/h
Pogon	FWD	Ubrzanje od 0 – 100 [km/h]	13,2 s

Drugi putnički automobil korišćen u eksperimentu je marke Zastava, tip 101, koje je prešlo ukupno 142000 km, proizvedeno je 2005. godine. Tehničke karakteristike vozila prikazane su u Tabeli 2. Uređaj kojim je vozilo opremljeno za kretanje na TNG je marke „Lovato”, mehaničkog tipa. Navedeni uređaj manuelnom komandom vozača omogućava vozilu da se kreće na TNG.

Tabela 2. Performanse oglednog vozila Zastava 101

Motor i prenos		Potrošnja i ekologija	
Broj cilindara	4	Prosečna potrošnja u gradu	9 l/100km
Raspored cilindara	Linijski-redni	Prosečna potrošnja van grada	6,6 l/100km
Broj ventila po cilindru	4	Kombinovana potrošnja	7,1 l/100km
Prečnik, hod klipa	80x55.5 mm	Emisija [SO ₂]	/ g/km
Tip ubrizgavanja	/	Katalizator	/
Sistem otvaranja ventila	/	Težina i dimenzije	
Radna zapremina motora	999 cm ³	Dužina	3886 mm
Maksimalna snaga	40.4kw 55ks	Širina	1590 mm
Maksimalni broj obrtaja	6200 o/min	Visina	11372 mm
Maksimalni obrtni moment	95 Nm	Međuosovinsko rastojanje	2449 mm
Stepen kompresije	10,5 : 1	Težina praznog vozila	830 kg
Tip menjača	Manuelni	Maksimalna dozvoljena težina	1290 kg
Broj stepeni prenosa	5	Performanse	
Katalizator	Standardni	Maksimalna brzina	145 km/h
Pogon	FWD	Ubrzanje od 0 – 100 [km/h]	16,2 s

2.2. Merne veličine i način merenja

Merenje i ispitivanje komponenti izduvnih gasova motornih vozila na pomenutim oglednim vozilima, na liniji tehničkog pregleda, vršeno je pomoću analizatora izduvnih gasova tipa IPEX D, namenjenog za merenje i analizu izduvnih gasova motora koji kao pogonska goriva koriste motorni benzin i tečni naftni gas. Komponente izduvnih gasova koje se mogu meriti ovim analizatorom su: ugljen monoksid (CO), ugljen dioksid (CO₂), ugljovodonici (HC) i azot oksidi (NO_x).

2.3. Opis ogledne instalacije

Merenje sadržaja izduvnih gasova na oglednim vozilima, na linijama tehničkog pregleda vršeno je pomoću radioničkog analizatora, tipa IPEX D, proizvedenog u Italiji. IPEX D Protech je infra-crveni, fotometrički, procesorski analizator izduvnih gasova OTO (benzinskih) motora, projektovan da meri emisiju ugljen monoksida, ugljen dioksida, ugljovodonike i kiseonik. Navedeni uređaj je kompletan tester čitave izduvne grane vozila jer poseduje još i merenja broja obrtaja motora [RPM] (opciono), odnos protoka gorivo-vazduh [AFR], Lambda faktor, Temperaturu ulja (opciono) i koncentracije NO/NO_x (opciono). IPEX D Protech uređaj koristi unutrašnju optičku komoru, koja radi po NDIR tehnologiji (ne disperzivna crvena svetlost) analize izduvnog gasa. Interni mikroprocesor je odgovoran za rad i upravljanje, kao i kontrolu svih programskih funkcija, kao što su automatska kontrola protoka, automatsko podešavanje na „0”, automatska samokalibracija, interpolacija gasnih kriva, obračun vrednosti iz gasova izvedenih komponentata i interfejs između čoveka i mašine [3].

2.4. Postupak merenja sadržaja izduvnih gasova

Postupak merenja sadržaja izduvnih gasova je:

- iz kanala se proverava pričvršćenost i ispravnost izduvnog lonca i cevi, kao i katalizatora,

- motor na oglednom vozilu mora da postigne radnu temperaturu,
- motor radi na praznom hodu sa što manjim brojem obrtaja,
- analizator je potrebno resetovati na nulu,
- prostorija gde se vrši ispitivanje izduvnih gasova mora da bude zatvorena, kako vazduh iz okoline ne bi uticao na tačnost i rezultate merenja,
- sonda analizatora se postavlja na izduvnu cev auspuha, koja ostaje u izduvnoj cevi sve dok analizator ne izmeri sve potrebne parametar,
- nakon toga se pristupa očitavanju izmerenih vrednosti [3].

3. REZULTATI RADA

3.1. Ispitivanje i merenje koncentracije izduvnih gasova na oglednom vozilu Zastava 101

Ispitivanja i analiza izduvnih gasova na oglednom vozilu Zastava 101 je vršena na oba pogonska goriva:

- Tečni naftni gas (TNG),
- Bezolovni motorni benzin (BMB 98).

3.1.1. Analiza izduvnih gasova kada je za pogonsko gorivo korišćen TNG

Nakon utvrđivanja trenutnog stanja izduvnog sistema i njegove tehničke ispravnosti, pristupa se startovanju motora. Motor mora da postigne radnu temperaturu kako bi rezultati merenja bili reprezentativni. Ukoliko je motor hladan, tada radi sa uključenim uređajem za hladan start motora (sauhom) i tom prilikom je smeša bogata, tako da rezultati merenja ne bi bili validni. Kada je motor postigao radnu temperature, sonda analizatora se postavlja u izlaz izduvne cevi vozila. Postupak merenja je završen onda kada brojni podaci na analizatoru dostgnu konstantne vrednosti. Kada prestane menjanje brojnih vrednosti na analizatoru izduvnih gasova, tada se pristupa očitavanju izmerenih vrednosti. Rezultati oglednog vozila Zastava 101, kada je za vozilo kao pogonsko gorivo korišćen TNG (Tabela 3.).

Tabela 3. Analizator izduvnih gasova vozila Zastava 101 (pogonsko gorivo – TNG)

RPM	CO	CO ₂	HC	O ₂	°C	NO _x
700	6,23 %	11,1 %	4.52 ppm	/	25	/

3.1.2. Analiza izduvnih gasova kada je za pogonsko gorivo korišćen BMB 98

Postupak pripremnih radnji i postupak merenja isti je kao i pri postupku merenja izduvnih gasova na tečni naftni gas. Rezultati merenja izduvnih gasova kada vozilo za pogon koristi BMB 98 prikazani su u Tabeli 4.

Tabela 4. Analizator izduvnih gasova vozila Zastava 101 (pogonsko gorivo – BMB 98)

RPM	CO	CO ₂	HC	O ₂	°C	NO _x
700	7,42 %	11,3 %	3,99 ppm	/	25	/

3.2. Ispitivanje i merenje koncentracije izduvnih gasova na oglednom vozilu Škoda Citigo

Kao i kod prvog oglednog vozila, identičan je postupak pripremnih radnji i merenja izduvnih gasova na vozilu Škoda Citigo. Rezultati merenja izduvnih gasova prikazani su u Tabeli 5.

Tabela 5. Analizator izduvnih gasova vozila Škoda Citigo

RPM	CO	CO ₂	HC	O ₂	°C	NO _x
730	0.03 %	0.7 %	1,5 ppm	0 %	25	0,07 ppm

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Periodično ispitivanje izduvnih gasova motornih vozila je zasigurno jedan od najboljih preventivnih koraka zaštite životne sredine u kojoj svakodnevno živimo. Razvojem novih pogonskih agregata može se uticati na smanjenje količine i štetnosti izduvnih gasova iz vozila. Današnja vozila imaju nove tehnologije ubrizgavanja

goriva (direktno ubrizgavanje), čime se postiže manja potrošnja goriva. Takođe i primena alternativnih pogonskih goriva može imati bitnu ulogu u smanjenju štetnih gasova iz vozila. U poslednje vreme sve više se radi na razvoju i masovnoj upotrebi motornih vozila na hibridni pogon, kombinovanjem elektro i klasičnog pogona, sa težnjom da se OTO motori u potpunosti zamene elektromotorima [3].

Na osnovu izmerenih vrednosti komponenti izduvnih gasova, može se izvesti zaključak da iako su ogledna vozila koristila bezolovni motorni benzin, razlike u koncentraciji komponenti izduvnih gasova su više nego očigledne. Razlog toga je primena savremenih tehnoloških materijala i inteligentnih sistema po Euro V standardu, kao i mehatroničkih sistema na vozilu Škoda Citigo. Vozilo Zastava 101, ima motor karburatorskog tipa i bez mehatroničkog sistema, koji nema sposobnost apsorpcije štetnih izduvnih gasova. Iz navedenog može se zaključiti da se emisija motornih vozila u drumskom saobraćaju može smanjiti primenom savremenih tehnologija, kao i poboljšanjem kvaliteta pogonskih goriva [3].

Rezultati prikazani u radu pokazuju da starija vozila imaju znatno veću količinu izduvnih gasova za razliku od novijih vozila. Činjenica da je u Republici Srbiji prosečna starost voznog parka oko 14 godina, ukazuje da je teško u kratkom roku smanjiti zagađenja koja emituju vozila. Imajući sve ovo navedeno u vidu, toksičnost izduvnih gasova je veoma kompleksan problem, koji se mora ozbiljno razumeti, analizirati i rešavati ne samo na nivou opština, gradova i države, već se to mora regulisati na globalnom nivou, posebno onih država koje su ekonomski najmoćnije. Prva stepenica u rešavanju ovih problema jeste kontrola emisije izduvnih gasova motornih vozila na tehničkom pregledu. Navedena kontrola predstavlja kompleksan posao i zahteva da uvođenje obaveze ovakve kontrole podrazumeva pripremnu fazu-prelazni period u kome bi se upotrebom savremene opreme, izvodila kontrola i istovremeno, kroz praktičan rad, edukacija kontrolora. Novi propisi, koji su usklađeni sa razvojem savremene tehnologije vodećih svetskih proizvođača, podrazumevaju korenite izmene u sistemu tehničkih pregleda, koje moraju postepeno da se uvode. Kontrola emisije izduvnih gasova na tehničkom pregledu vrši se na većini linija tehničkog pregleda pomoću zastarele opreme i tehnologije, a poseban problem još uvek predstavlja nedovoljno znanje i sistem obuke kontrolora koji još nije uspostavljen u Republici Srbiji. Sa druge strane, svest vlasnika i korisnika motornih vozila u vezi značaja njihove tehničke ispravnosti, nije u dovoljnoj meri razvijena prvenstveno zbog ekonomske situacije u zemlji. Obzirom na već pomenutu prosečnu starost motornih vozila u Srbiji, svakako uz primenu strožih propisa, potrebne su i strateško-stimulativne mere države za kupovinu savremenijih i modernijih vozila, čijom upotrebom bi se takođe uticalo na smanjenje štetne emisije izduvnih gasova.

Literatura

- [1] Radonjić, D. 2009. *Bezbednost saobraćaja u svetu aero zagađenja vazduha vozilima*. Projekat, Kragujevac.
- [2] Trifunović, A.; Đurić, B.; Stevanović, D.; Čičević, S. 2014. Merenje sadržaja izduvnih gasova OTO motora na teritoriji grada Kragujevca. XLI Simpozijum o operacionim istraživanjima- SYM-OP-IS 2014. 622-627.
- [3] Đurić, B. 2013. Merenje sadržaja izduvnih gasova OTO motora. Master rad. Fakultet inženjerskih nauka-Univerzitet u Kragujevcu.
- [4] Pravilnik o tehničkom pregledu vozila. 2010. Službeni glasnik RS, br. 41/09 i 53/10.
- [5] Yan, F., Xu, L. and Wang, Y. 2017. Application of hydrogen enriched natural gas in spark ignition IC engines: from fundamental fuel properties to engine performances and emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- [6] Pravilnik o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima. 2010. Službeni glasnik RS, br. 64/10.
- [7] Elvik, R. 2002. The effect on accidents of technical inspections of heavy vehicles in Norway. *Accident Analysis & Prevention*, 34(6), pp.753-762.

PROCENA EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA OD SAOBRAĆAJA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA I I II REDA

Aleksandar Manojlović¹

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, e-mail: a.manojlovic@sf.bg.ac.rs

Snežana Kaplanović

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, e-mail: s.kaplanovic@sf.bg.ac.rs

Vladimir Momčilović

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija, e-mail: v.momcilovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Primena koncepta održivog razvoja na sektor drumskog transporta zahteva odlično poznavanje njegovog učešća u zagađenju vazduha. Tačno utvrđivanje emisija zagađujućih materija u drumskom saobraćaju je veoma kompleksno i zahteva modeliranje ulaznih parametara. Modeliranje se koristi i za prognozu emisije zagađujućih materija i predstavlja osnovu za donošenje odluka prilikom kreiranja politika orijentisanih na smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu prognoziranog razvoja drumskog saobraćaja. Takođe, modeli su osnova za ocenjivanje efekata primenjenih mera. Kvalitetni i precizni podaci su osnova za modeliranje različitih scenarija promene strukture voznog parka, transportne politike, načina korišćenja puteva i vozila i efekata tih promena na životnu sredinu i uticaj tih promena na politiku oporezivanja posedovanja i korišćenja puteva i vozila, kako na nacionalnom tako i na lokalnom nivou. U ovom radu su prikazane procenjene količine emisije zagađujućih materija na državnim putevima I i II reda u periodu od 2010. do 2012. godine, korišćenjem softvera COPERT 4. Na osnovu procenjenog pređenog puta, dominantnih uslova eksploatacije i nivoa standarda emisije zagađujućih materija vozila određuje se tehničko stanje vozila i konačna vrednost emisije vozila na datim saobraćajnicama. U radu se za sve deonice saobraćajnica I i II reda na osnovu podataka sa automatskih brojača ili ponderisanih podataka o PGDS-u, strukture voznog parka, dužine deonice i prosečne brzine na deonici (izmerene ili ekspertski ocenjene), ocenjuje emisija skupa zagađujućih materija za datu deonicu po kategorijama vozila.*

Ključne reči: zagađujuće materije, COPERT 4, deonica

ASSESSMENT OF TRANSPORT RELATED ATMOSPHERIC POLLUTANT EMISSIONS ON NATIONAL ROADS OF I AND II CATEGORY

Aleksandar Manojlović

University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, e-mail: a.manojlovic@sf.bg.ac.rs

Snežana Kaplanović

University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, e-mail: s.kaplanovic@sf.bg.ac.rs

Vladimir Momčilović

University of Belgrade - Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, e-mail: i.ivkovic@sf.bg.ac.rs

Abstract: *Implementation of the concept of sustainable development in the road transport sector requires an excellent knowledge of its participation in air pollution. Accurate determination of pollutant emissions in road transport is very complex and requires modelling input parameters. Modelling is also used for prediction of pollutant emissions and provides a basis for decision-makers in designing policies oriented to reduce the negative environmental impact of the forecasted road transport development. Also, models are the basis for evaluating the effects of the measures implemented. High quality and accurate data are essential for modelling different modification scenarios of the fleet structure, transport policy, usage of roads and vehicles, the environmental effects of and the impact of these changes on the taxation policies, both at the national and the local level. Scope of this study is to determine the structure of the vehicle fleet in the Republic of Serbia, the average annual distance travelled per vehicle categories and determining the amounts of pollutants emitted by the vehicle fleet by using the software COPERT 4 for the period from 2010 to 2012. Based on the assessed annual distance travelled, the dominant operating conditions and vehicle emission standard level, the technical condition of vehicles and the final amount of vehicle emissions on given roads is determined. In this paper for all road sections of national I and II category roads based on automatic counters' data or pondered AADT data, fleet structure, section length and the average speed on the section (measured or estimated by experts), emission of a set of pollutants per vehicle categories is assessed for a given section.*

Keywords: atmospheric pollutant, COPERT 4, road section

¹ Aleksandar Manojlović, e-mail: a.manojlovic@sf.bg.ac.rs

1. UVOD

Primena koncepta održivog razvoja na sektor drumskog transporta zahteva odlično poznavanje njegovog učešća u zagađenju vazduha. Tačno utvrđivanje emisija zagađujućih materija u drumskom saobraćaju je veoma kompleksno i zahteva modeliranje ulaznih parametara. Modeliranje se koristi i za prognozu emisije zagađujućih materija i predstavlja osnovu za donošenje odluka prilikom kreiranja politika orijentisanih na smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu prognoziranog razvoja drumskog saobraćaja. Takođe, modeli su osnova za ocenjivanje efekata primenjenih mera. Pređeni put svakog drumskog vozila u voznom parku jedne države, a posebno države u razvoju kao što je Republika Srbija, veoma je bitan pokazatelj njene transportne aktivnosti, pošto drumski transport čini okosnicu transportnog sistema. Ova veličina direktno odražava mobilnost stanovništva i stepen društvenog razvoja. Ostvareni pređeni put je pokazatelj koji se koristi prilikom donošenja strategije razvoja drumskog transporta, ali i primene mera u cilju dostizanja održivog transporta. U tom smislu, prosečan godišnji pređeni put vozila služi za analizu energetske efikasnosti i emisije zagađujućih materija u drumskom transportu je neophodno što preciznije odrediti ili oceniti kako bi se omogućila analiza efekata stimulativnih i restriktivnih mera (analizom troškova i koristi), nematerijalnih efekata i dr.) u cilju dostizanja održivosti drumskog transporta. Sve više razvijenih država (među kojima su Holandija, Danska i Velika Britanija) uvode ekološko oporezivanje (fiskalne mere) zasnovane na tehnologiji i obimu korišćenja vozila, odnosno pređenom putu. Metod ocene prikazan u ovom radu predstavlja dobru osnovu za ocenu izvodljivosti fiskalnih mera za smanjenje emisije koja potiče od drumskog transporta, odnosno za povećanje njegove održivosti, kao i za ocenu emisije zagađivača koju ostvare vozila na državnim putevima I i II reda.

2. PREGLED METODOLOGIJE I ISKUSTAVA ZA PROCENU EMISIJE

U ovom radu predstavljeni su rezultati Studije o proceni emisija zagađujućih materija u atmosferu od saobraćaja na državnim putevima I i II reda (Momčilović i drugi, 2014).

Rezultati Projekta European Database of Vehicle Stock for the Calculation and Forecast of Pollutant and Greenhouse Gases Emissions with TREMOVE and COPERT, (Ntziachristos, i drugi, 2008) prikazuju ulazne parametre za proračun količina zagađujućih materija u pojedinim državama EU. Projekat ukazuje, za svaku državu posebno, na potrebu definisanja vrednosti ulaznih parametara za proračun i na korekciju emisionih faktora na nacionalnom nivou. Ističe značaj unapređenja sistema prikupljanja podataka i kontinuiranih istraživanja radi povećanja kvaliteta rezultata ocene.

U Projektu SETISMO: Estudio del Sector Transporte en Espana, Desarrollo y Aplicacion de Modelos de Analisis de las Condiciones para un Incremento Sostenible de la Movilidad (INSIA-UPM, 2002) data je metodologija korišćena za ocenu količine emitovanih zagađujućih materija u Španiji za period 2000. - 2010. godine. Projekat sadrži modele za procenu vrednosti ulaznih parametara i emisionih faktora za teritoriju Španije.

Rezultati ovog rada su u direktnoj vezi i sa aktivnostima Agencije za zaštitu životne sredine za uspostavljanje sistema praćenja difuznih zagađenja. Istraživanje prikazano u ovom radu ima za cilj dobijanje referentnog metoda za statističku ocenu i kvantifikaciju traženih parametara esencijalnih za ocenu negativnog uticaja transporta na životnu sredinu. Budući da se prema nalazima iz prethodnog poglavlja, a na bazi iskustva brojnih zemalja, istraživanja neće vršiti svake godine, na osnovu podataka iz realizovanih istraživanja će se usvojiti relacije, odnosno vrednosti parametara pomoću kojih će se indirektno doći do najbolje moguće ocene veličine pređenog puta i emisije drumskih motornih vozila.

Značajno je utvrditi u kom opsegu se nalazi pokazatelj godišnjeg pređenog puta (kilometraže) po pojedinim klasama vozila. Klase vozila su definisane po metodologiji Evropske agencije za životnu sredinu (EEA, 2009) i obuhvataju podelu po kategorijama, potkategorijama i primenjenim tehnologijama kontrole emisije. Kao jedan od merodavnih modela za proračun emisije drumskog transporta izabran je i u nastavku detaljnije opisan softver COPERT 4, koji se koristi u većini evropskih država po preporuci Evropske agencije za životnu sredinu. Ovaj model i softver je usvojen i u Republici Srbiji kao merodavan za ocenu emisije drumskog saobraćaja i transporta.

Na osnovu pregleda literature uočeni su problemi sa kojima se danas suočavaju neke od razvijenih država prilikom ovakvih istraživanja. Ovo je takođe bio ključ za sagledavanje svih relevantnih iskustava iz prakse i načina da se izbegnu potencijalni problemi u ovom procesu.

Istraživanje u okviru realizacije ove Studije (Momčilović i drugi, 2014) je koncipirano po sledećim fazama:

- elaboracija metoda za određivanje merodavnog prosečnog godišnjeg pređenog puta po kategorijama vozila određenim prema relevantnoj klasifikaciji vozila za ocenu emisije koja potiče od drumskog saobraćaja i transporta na nacionalnoj teritoriji R. Srbije;
- realizacija nezavisnih i zavisnih istraživanja u cilju utvrđivanja veličine uticajnih faktora na vrednost merodavnog prosečnog godišnjeg pređenog puta po kategorijama drumskih vozila i relevantnih pokazatelja koji utiču na emisiju drumskih vozila;
- sinteza rezultata istraživanja u smislu pripreme ulaznih parametara za ocenu emisije drumskog transporta i
- uporedna analiza sa rezultatima emisije drumskog transporta u R. Srbiji iz ranijih godina, ali i inostranim preporučenim vrednostima ulaznih parametara.

Samom istraživanju prethodila je faza prečišćavanja dobijenih referentnih baza podataka o vozilima, odnosno evidencije registrovanih vozila.

U pogledu metoda za određivanje prosečnog pređenog puta, nezavisna istraživanja su zasnovana na statističkoj obradi baze vozila, koja je prethodno adekvatno strukturirana i prečišćena, usled određenog broja netačnih i nelogičnih podataka (posebno u pogledu pogonskih goriva motornih vozila). Sa druge strane, postoji i nedostatak nekih podataka, od kojih je jedan od najznačajnijih primenjena tehnologija kontrole emisije (tj. važeći Euro standard) na kome se zasniva podela na potkategorije vozila.

Zavisna istraživanja su podrazumevala anketu vozača na periodičnom (redovnom) tehničkom pregledu (TP). Anketa vozača ima za cilj kvantifikaciju i utvrđivanje njihovog ponašanja tj. godišnjeg pređenog puta (kilometraže) i ukupnog pređenog puta (na osnovu koga može da se odredi prosečna godišnja kilometraža od nabavke datog vozila). Ovaj drugi parametar se uvodi kako bi se uočilo da li je poslednja godišnja kilometraža bliska prosečnoj ili se značajno razlikuje, kao i da se stekne uvid u stvarnu „starost“ vozila u pogledu dosadašnjeg i preostalog eksploatacionog veka do otpisa. Pored ovoga, značajan izlaz je i procentualno učešće gradske i vangradske vožnje, što će uticati na modeliranje relevantne potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova. Značajan pokazatelj je namena korišćenja vozila, koja može biti u privatne ili službene svrhe. Od poslednje pomenute se očekuje uticaj na povećanje kako prosečne godišnje, tako i ukupne kilometraže vozila. Kako bi se utvrdilo tehničko stanje vozila, u smislu održavanja, anketom je obuhvaćeno i pitanje prosečne potrošnje goriva, koja služi kao korekcionni faktor fabrički deklarisanе vrednosti potrošnje goriva za date uslove eksploatacije (pretežno gradska, vangradska ili kombinovana vožnja). Međutim, već je istaknuto, a i opštepoznato da se i kod novih vozila prosečna vrednost potrošnje goriva (samim tim i emisije) ponekad značajno razlikuje od vrednosti dobijenih prilikom ispitivanja na probnom stolu tokom homologacije (odobrenja tipa) vozila. Među najznačajnijim faktorima usled kojih se ove vrednosti razlikuju nalaze se: način vožnje (odnosno vozač: agresivan / umeren / pasivan), uslovi saobraćajnog toka (slobodni tok / nezasićeni tok / zasićeni tok) i klimatski uslovi (prosečna atmosferska temperatura / vlažnost vazduha / pritisak / padavine: kiša, sneg i sl.), ali i niz drugih parametara. Sva prethodno navedena pitanja imaju za cilj da se omogući modeliranje ponašanja vozača i korisnika vozila i na taj način direktno i indirektno omogući modeliranje eksploatacije merodavnog voznog parka u smislu ostvarenog pređenog puta, utrošenog pogonskog goriva i zagađenja vazduha, odnosno emisije štetnih gasova i gasova sa efektom staklene bašte. Osim toga, sekundarni cilj je bio i da se utvrdi da li se i koliko razlikuju vrednosti merodavnih faktora i pokazatelja u R. Srbiji u odnosu na države u regionu i u Evropskoj uniji, kako bi mogle i buduće vrednosti da se uporede sa referentnim iz ovog istraživanja, te da bi se video ostvareni u odnosu na željeni (ili obećani) napredak.

3. EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA POREKLOM OD VOZNOG PARKA

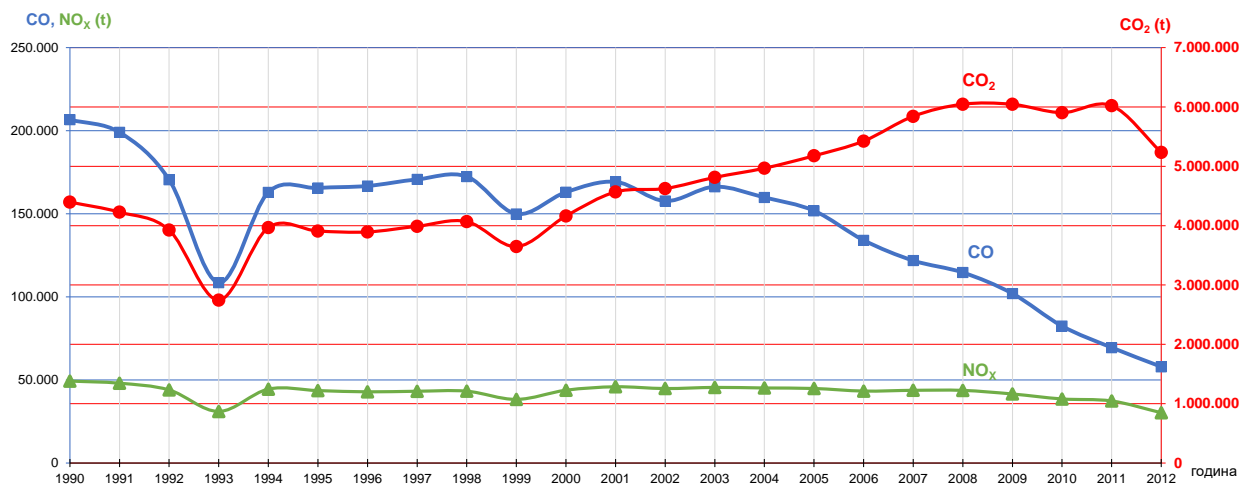
Količine emitovanih zagađujućih materija koje su rezultat proračuna korišćenjem softverskog alata COPERT 4 u periodu od 1990 do 2012. godine su prikazane na narednim slikama (Slike 1-3).

Količina emitovanog CO je u stalnom padu i svedena je na skoro četvrtinu vrednosti iz 1990. godine. Takođe, smanjena je i emitovana količina većine ostalih zagađujućih materija. U 2012. godini, emisija azotnih oksida je manja za 40% odnosu na 1990. g. Emisija sumpor-diksida je smanjena sa 1.741 t na 692 t, a olova sa 353 t na 6,5 t.

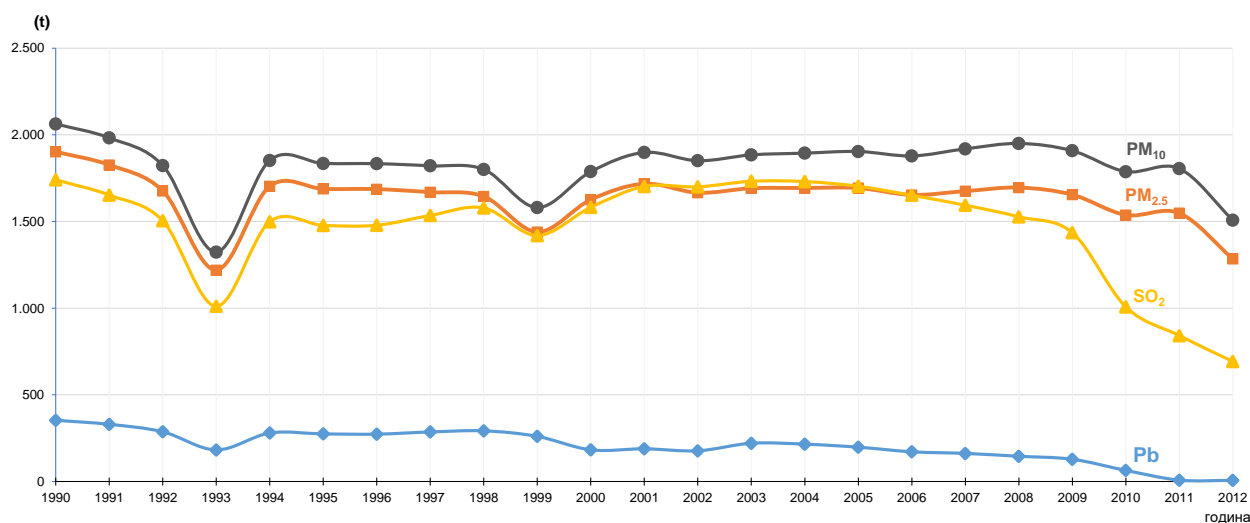
Evidentno je značajno smanjenje količine emitovanih zagađujućih materija u 1993. i 1999. godini. Razlog za to je društveno-ekonomska situacija u državi tih godina. Tada je došlo do smanjenja broja registrovanih vozila i korišćenja vozila. Prema rezultatima proračuna, količina emitovanog ugljen-dioksida koji potiče od drumskog saobraćaja ima trend porasta do 2011. godine a zatim taj trend ide u suprotnom smeru, za čak 15%. Količina

emitovanih suspendovanih čestica $PM_{2.5}$ smanjena je sa 1.902 t u 1990.g. na 1.284 t u 2012. godini. Slično tome, i emisija PM_{10} u 2012. godini (1.508 t) manja je za 25% u odnosu na 1990. godinu (2.063 t). Emisija svih metala, osim olova Pb, ima trend povećanja uglavnom za oko 20-30%. Smanjena je emisija Pb, sa 353 t u 1990. godini, na 6,5 t u 2012. godini.

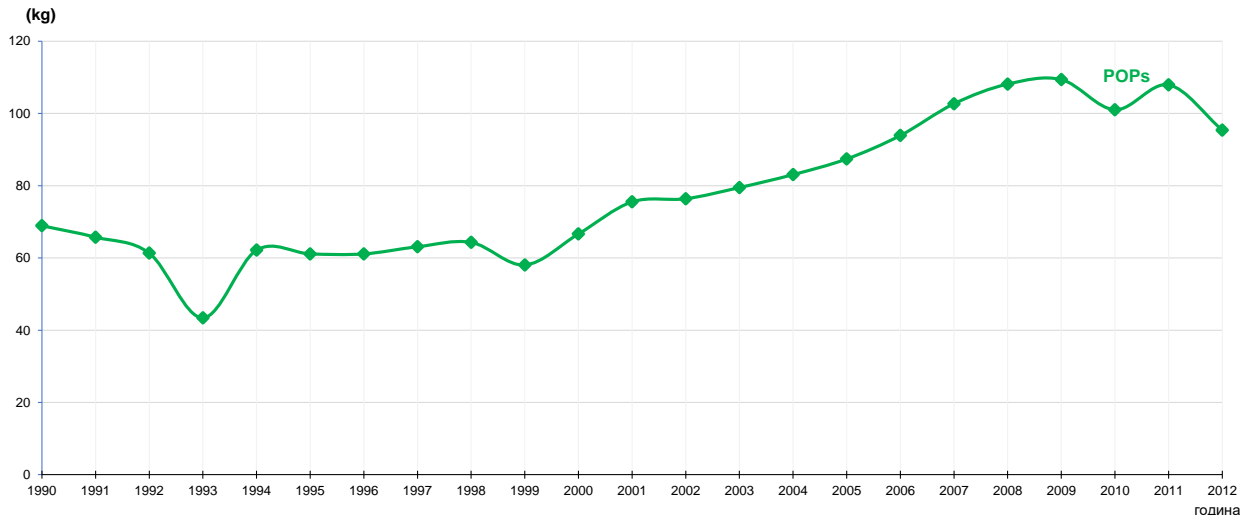
Putnička vozila najviše utiču na emisiju CO, CO_2 , SO_2 i Pb, dok komercijalna vozila imaju najveće učešće u emisiji NO_x , $PM_{2.5}$, PM_{10} i POPs.



Slika 1 Ukupna emisija ugljen monoksida (CO), azotnih oksida (NO_x) i ugljen dioksida (CO_2) 1990-2012.g. [t]



Slika 2 Ukupna emisija suspendovanih čestica ($PM_{2.5}$, PM_{10}), sumpor-dioksida (SO_2) i olova (Pb), 1990-2012.g. [t]



Slika 3 Ukupna emisija postojanih organskih zagađivača POPs, 1990-2012.g. [kg]

3. EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA POREKLOM NA DEONICAMA DRŽAVNIH PUTEVA I I II REDA

Količina emitovanih zagađujućih materija izračunata je za oko 850 deonica državnih puteva u 2010, 2011 i 2012. godini.

Za proračun su korišćeni sledeći podaci:

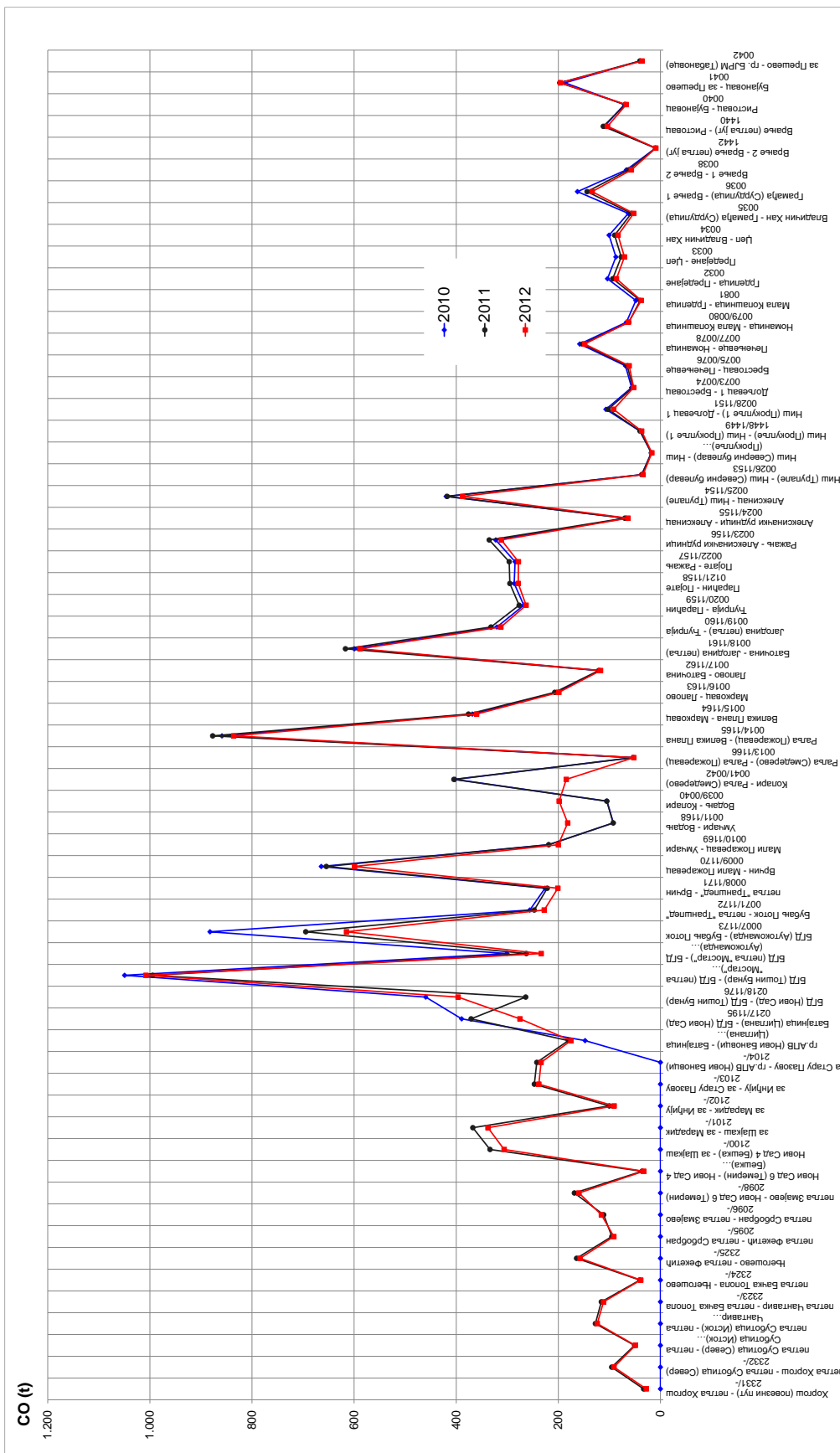
- prosečan godišnji dnevni saobraćaj (PGDS) po kategorijama vozila po deonicama,
- dužina deonice,
- prosečna brzina kretanja vozila na deonici i
- jedinična emisija zagađivača po kategorijama vozila (g/km).

Naručilac Studije (Momčilović i drugi, 2014) je obezbedio podatke o PGDS-u, dužinama deonica i časovnim brzinama kretanja vozila na određenim deonicama.

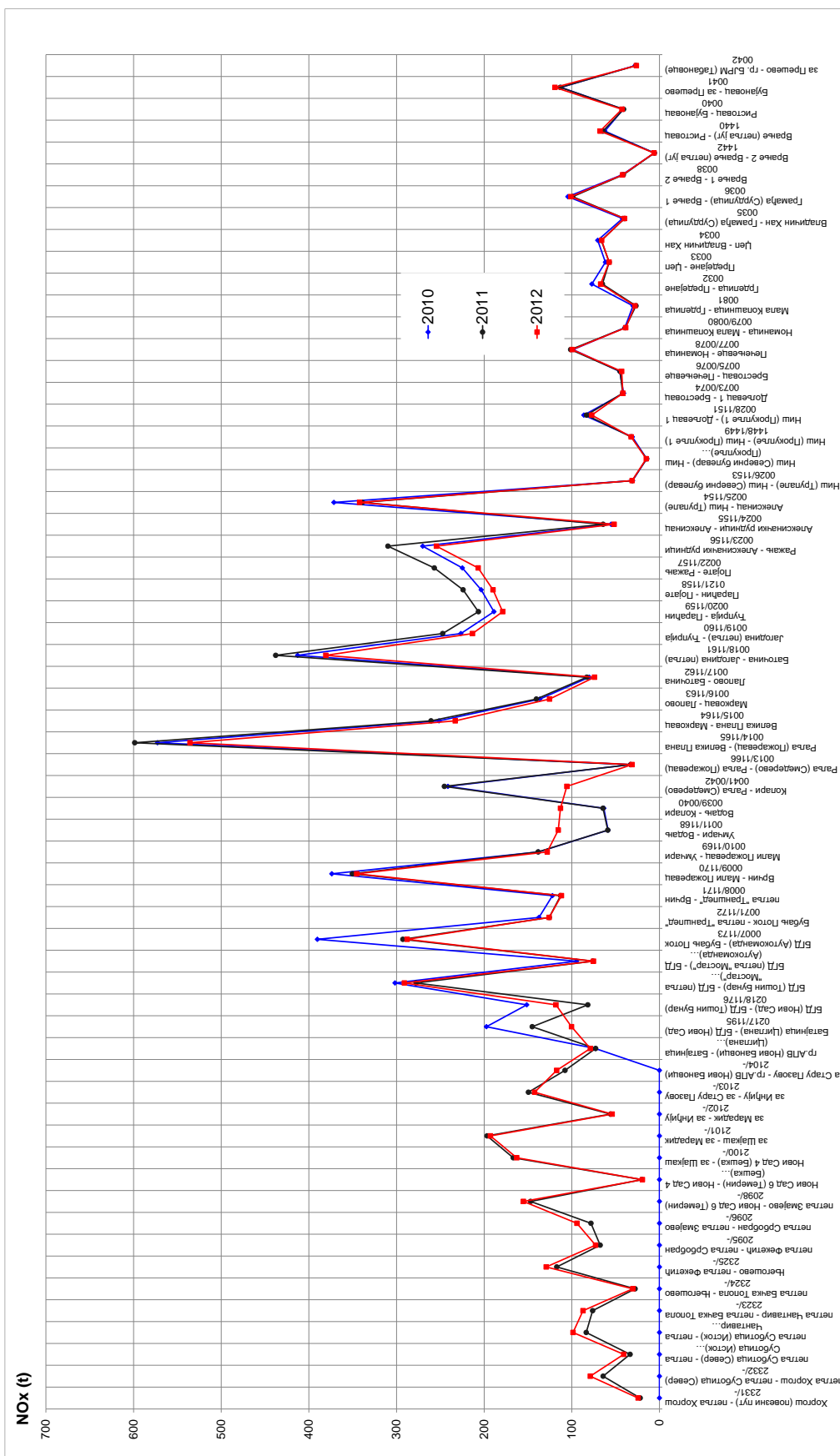
Na osnovu raspoloživih podataka o dužinama deonica i PGDS-a određen je ukupan pređeni put po kategorijama vozila (u autokilometrima) i deonicama. Prosečna brzina kretanja vozila na deonicama je izračunata na osnovu raspoloživih časovnih brzina kretanja vozila očitanih na brojačima saobraćaja. Jedinična emisija zagađivača je izražena u gramima po autokilometru po kategorijama vozila (putnički automobil, autobus, lako teretno vozilo, srednje teretno vozilo, teško teretno vozilo, autovoz - skup vozila). Za određivanje jedinične emisije korišćen je softverski alat COPERT 4 i struktura voznog parka Republike Srbije u 2010, 2011. i 2012. godini.

Ukupna emisija zagađivača na deonici u toku godine predstavlja proizvod jedinične emisije po pređenom autokilometru i ukupnog broja autokilometara po kategorijama vozila.

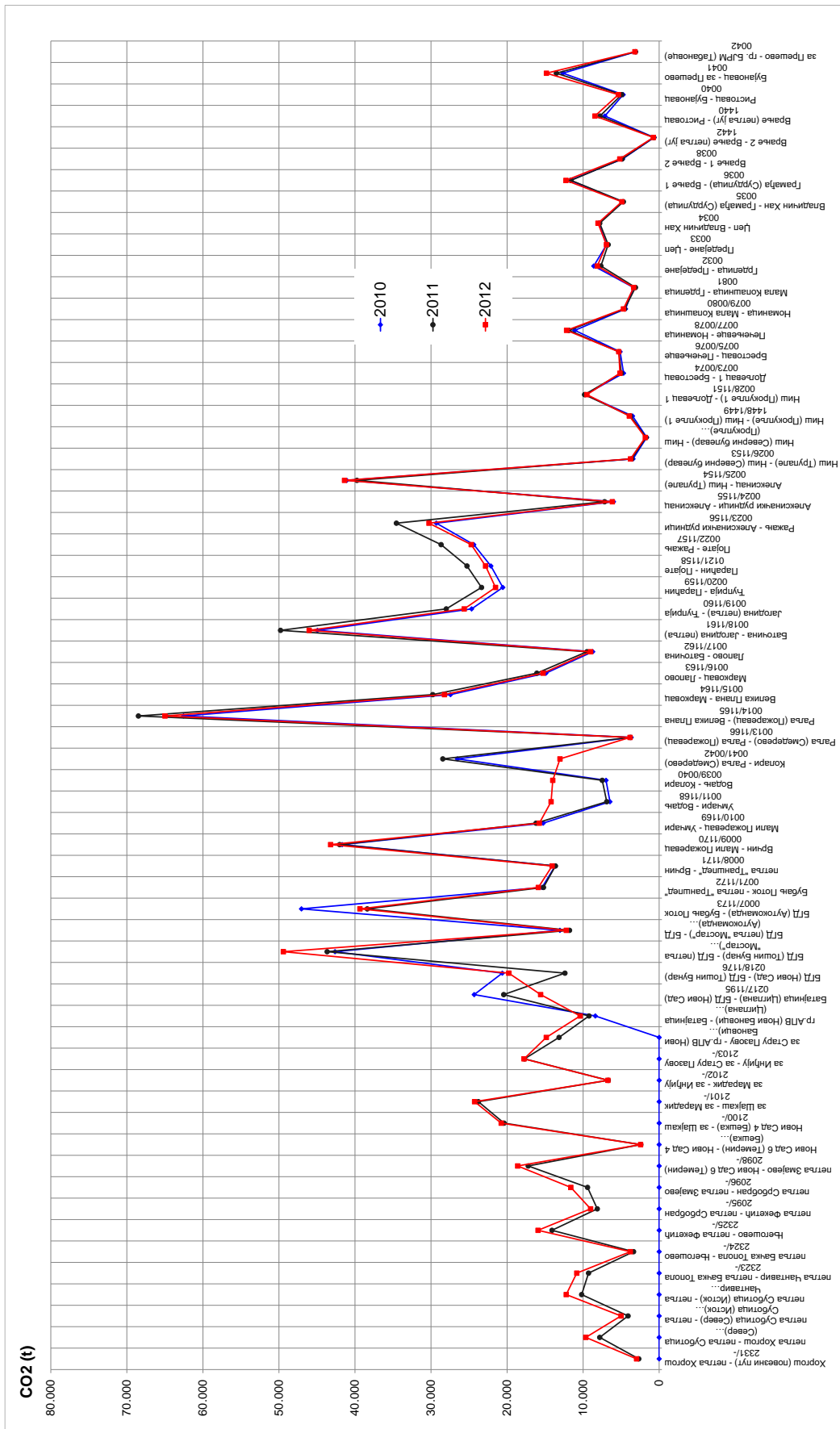
U ovom radu prikazan je deo izračunatih količina zagađujućih materija po deonicama Puta br. 1.: Horgoš -gr. BJRM (Tabanovce) za period 2010-2012. g. Prema većoj emisiji zagađivača izdvajaju se deonice: Beograd Tošin Bunar – Beograd Petlja Mostar, Beograd Autokomanda – Bujanj Potok, Vrčin – Mali Požarevac, Rajla Požarevac – Velika Plana, Batočina – Jagodina Petlja, Aleksinac – Niš Trupale. Na deonicama puta od Niša (Trupale) do granice sa BJR Makedonijom emitovane su znatno manje količine zagađujućih materija



Slika 4 Emisija CO, 2010-2012, Put br. 1, [t]



Slika 5 Emisija NOx, 2010-2012, Put br. 1, [t]



Slika 6 Emisija CO₂, 2010-2012, Put br. 1, [t]

4. ZAKLJUČAK

Za izračunavanje količina emitovanih zagađujućih materija u ovoj studiji korišćen je model i softverski alat Evropske agencije za životnu sredinu - COPERT 4 verzija 10.

Za potrebe proračuna emisije prikupljeni su i sistematizovani podaci o voznom parku, pređenom putu vozila, klimatološki podaci i drugi elementi neophodni za proračun. Za posmatrani period predstavljena je struktura voznog parka i prosečan godišnji pređeni put po kategorijama vozila. Na kraju su, kao rezultat korišćenja modela COPERT 4, prikazane količine emitovanih zagađujućih materija koje potiču od drumskog saobraćaja na nacionalnom nivou, kao i količine emitovanih zagađujućih materija na putevima prvog i drugog reda u 2010., 2011. i 2012. godini.

Kako bi rezultati primene modela COPERT 4 za Republiku Srbiju bili kvalitetniji potrebno je da se:

- unapredi sistem prikupljanja podataka neophodnih za korišćenje modela COPERT 4, odnosno da se jedinstveni registar vozila dopuni odgovarajućim podacima,
- sprovede kontinuirana istraživanja koja bi obuhvatila:
 - strukturu voznog parka,
 - strukturu pređenog puta po tipu puta (pređeni put u gradskoj ili vangradskoj vožnji, i autoputem),
 - prosečne brzine kretanja i
 - prosečne dužine putovanja
 - određivanje broja skupova vozila, tipa teretno motorno vozilo sa prikolicom, i intenzitete njihovog korišćenja – sa i bez priključnog vozila.

Kvalitetni i precizni podaci su osnova za modeliranje različitih scenarija promene strukture voznog parka, transportne politike, načina korišćenja puteva i vozila i efekata tih promena na životnu sredinu i uticaj tih promena na politiku oporezivanja posedovanja i korišćenja puteva i vozila, kako na nacionalnom tako i na lokalnom nivou.

Osnovni efekat primene rezultata ove studije treba da bude stvaranje uslova za smanjenje količina emitovanih zagađujućih materija za realizaciju određene količine transportnog rada, a u cilju smanjenja nepovoljnog uticaja vozila na životnu sredinu.

Literatura

- [1] Momčilović, V., Manojlović, A., Kaplanović, S., Cvetković, M. (2014) Studija o proceni emisija zagađujućih materija u atmosferu od saobraćaja na državnim putevima I i II reda, Institut Saobraćajnog fakulteta, Beograd
- [2] Ntziachristos, L. et al., (2008) European Database of Vehicle Stock for the Calculation and Forecast of Pollutant and Greenhouse Gases Emissions with TREMOVE and COPERT - Final Report
- [3] INSIA-UPM, 2002. SETISMO: Estudio del Sector Transporte en Espana, Desarrollo y Aplicacion de Modelos de Analisis de las Condiciones para un Incremento Sostenible de la Movilidad, Madrid, Spain: Instituto Universitario de Investigacion del Automovil (INSIA), Universidad Politecnica de Madrid (UPM)
- [4] EEA, (2009). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009 - Technical guidance to prepare national emission inventories, Copenhagen

УТИЦАЈ САОБРАЋАЈНОГ ЗАГАЂЕЊА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Александар Булајић¹, Петра Тановић², Бранко Савић³

¹ Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, bulajic@vtsns.edu.rs

² Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, stevanovic@vtsns.edu.rs

³ Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, savic@vtsns.edu.rs

РЕЗИМЕ: Човек у току својих активности свесно или несвесно загађује животну средину. Чист ваздух је основ за здравље и живот људи и читавог екосистема. Поред комуналног отпада и разних грана индустрије, коришћење све већег броја саобраћајних средстава доприноси све већем загађењу животне средине. Друмски саобраћај карактерише превоз од врата до врата, брзине које су задовољавајуће, мобилност, лако се комбинује са другим гранама саобраћаја. Међутим, ако посматрамо негативне последице све развијенијег друмског саобраћаја, одмах после саобраћајних незгода које су случајни догађаји и најнегативнија последица због велике смртности и великог броја повреда учесника у саобраћају, лошу страну друмског саобраћаја или недостатак представља забрињавајуће загађење животне средине које непосредно производе возила у току своје експлоатације.

У овом раду ће бити приказани резултати испитивања загађења ваздуха у непосредној околини друмских саобраћајница на урбаној територији града Новог Сада.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: Загађење, саобраћај, животна средина

TRAFFIC INFLUENCE ON ENVIRONMENTAL POLLUTION

Aleksandar Bulajić¹, Petra Tanović², Branko Savić³

¹ The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, bulajic@vtsns.edu.rs

² The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, stevanovic@vtsns.edu.rs

³ The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, savic@vtsns.edu.rs

ABSTRACT: During his life a man consciously or unconsciously pollutes the environment. Clean air is the basis for the health and life of humans and the entire ecosystem. In addition to municipal waste and various branches of industry, the use of an increasing number of means of transportation contributes to increasing environmental pollution. Road traffic is characterized by door-to-door transportation, speeds that are satisfactory, mobility, and it is easy to combine with other traffic lines.

However, if we look at the negative consequences of the ever-increasing road traffic, immediately after traffic accidents, which are accidental events and the most negative consequence due to the high mortality rate and the large number of road traffic injuries, the poor side of road traffic or its imperfection represents a worrying environmental pollution that vehicles directly produce during their exploitation. This paper will show the results of air pollution testing in the immediate proximity of the road.

KEYWORDS: Pollution, traffic, environment

1. УВОД

Друштво се стално суочава са тенденцијом пораста броја становника, миграцијом и међународним кретањима становништва, порастом саобраћаја, порастом моторизације и другим факторима који пред друштво стављају повећане захтеве у смислу његовог организовања у овој области. Данас је тешко и замислити живот, напредак и опстанак друштва без добро организованог и функционално ефикасног друмског саобраћаја.

Друмски саобраћај данас представља основни вид масовног и индивидуалног транспорта захваљујући предностима које има у односу на друге гране саобраћаја. Основне карактеристике које му дају предност у односу на друге видове транспорта су: (1) ефикасност, (2) могућност превоза од врата до врата, (3) слобода избора пута и времена путовања, (4) удобност, (5) брзина, (6) независност од других видова транспорта и слично. (Булајић, 2016)

¹ bulajic@vtsns.edu.rs

У трајању преко једног века и широко распрострањена експлоатација течних горива дизела и бензина у друмском саобраћају довела је до извесних непожељних последица. Прва је свакако, смањење резерве течног горива и њихов дефицит на тржишту у блиској будућности. Друга, све већа загађеност ваздуха и животне средине која потиче од лошијег сагоревања горива и због неоптимизираних квалитета енергента.

Дизел гориво представља сложу смешу угљоводоника, температурног интервала кључања од 160-370°C, која се користи као погонско гориво код дизел мотора у којима се директним убризгавањем горива у високо компримован ваздух (у комори за загревање) смеша самостално пали и сагорева. (Живковић, 1988). Сагоревањем дизел горива настаје велики број једињења која негативно утичу на здравље људи и животну средину. Савременим захтевима код нових мотора и постављеним најновијим стандардима о саставу бензина и дизел горива покушава се зауставити загађивање животне средине (www.chevron.com). У многим истраживањима о утицају на емисију код дизел горива указано је на потешкоће у погледу одређивања особина на које треба утицати да би се смањила емисија, јер различити мотори истог или сличног дизајна различито реагују на одређену промену у саставу горива (John P.A. et al, 1996). Из ових разлога почев већ од осамдесетих година прошлог века интензивно се ради на проналажењу алтернативних горива која би заменила класична.

Савремени захтеви, постављени најновијим стандардима о квалитету бензина и дизела горива, чине да су она све скупља и проблематичнија на светском тржишту.

2. ОБЛИЦИ ЗАГАЂИВАЊА ВАЗДУХА

Загађење ваздуха путем мерења штетних састојака саобраћајног порекла разматрало се у званичним институцијама у свету тек после другог светског рата. Први законски прописи донети су 1961. године у Калифорнији о обавези рецикулације гасова из картера, а 1966. године и ограничење емисије угљоводоника и угљенмооксида у издувним гасовима везано за бензинске моторе. За дизел моторе прво се доносе прописи којим се ограничавају непровидност дима (правилник 24ECE објављен у Европи 1970. године) док се у САД 1973. године ограничава укупна маса загађивача у издувним гасовима.

У циљу свеобухватног и прецизног утврђивања утицаја возила на животну средину развијају се методологије за испитивање издувних гасова моторних возила по обиму и структури. Методологије испитивања издувних гасова моторних возила стандардизоване су данас на интерном, националном или међународном нивоу, али се могу дефинисати и за одређене случајеве посебно, зависно од непосредног циља испитивања, примењене опитне инсталације и мерне опреме и других чинилаца (Morita, 2003).

Развој методологије и промена појединих варијабилних елемената који је чине текао је упоредо са све већом, током година, потребом за контролом и праћењем квалитета ваздуха. Потреба за бољим квалитетом ваздуха са друге стране условила је дефинисање критеријума односно максималног дозвољеног нивоа загађивача у ваздуху са аспекта заштите здравља људи, установљивање броја возила, пораста броја возила итд., како би се дошло до податка о дозвољеним емисијама моторних возила (стандарда). Са повећањем степена моторизације и развојем ауто индустрије долази до постепене корекције законских норми пре свега кроз:

- заштравање дозвољених граница емисије,
- систематизацију и модернизацију правилника којим се дефинише испитивање издувних гасова.

Потреба очувања животне средине утиче и на побољшање услова експлоатације што се постиже регулисањем саобраћајних токова, применом интелигентних транспортних система („паметна“ возила, „паметни“ путеви) елиминисањем „уских грла“, побољшањем квалитета коловозне инфраструктуре и слично. Такође, на методологију испитивања издувних гасова од утицаја је и развој аутоиндустрије кроз примену нових технолошких решења у области пројектовања погонског агрегата, побољшање постојећих капацитета и примену возила са алтернативним погоном.

Штетне материје које се емитују у близини саобраћајница јављају се у гасовитом и чврстом стању. У гасовите материје спадају угљен моноксид, азот диоксид, сумпор диоксид и др. Од чврстих материја које се емитују у околину најчешће су присутни олово и кадмијум. Концентрација ових материја зависи од више фактора, као што су: влажност и температура ваздуха, падавине, правац и јачина дувања ветра и интензитет саобраћаја. Аерозагађење има велики утицај на здравље људи, на биљни и животињски свет, али и на одређене материјале.

Уз извесне изузетке, а због својих повољних техничких, функционалних, економских карактеристика, свуда у свету дизел мотор је још увек доминантан погонски агрегат данашњих возила. Међутим, проблем повећаног загађења ваздуха издувним гасовима возила, утицали су да се активира и процес проналажења погонског агрегата који ће имати повољније перформансе са становишта утицаја на животну средину, тј повољнију емисију издувних гасова.

Под појмом „емисија издувних гасова мотора“ подразумева се емисија гасовитих компоненти од којих су неке обухваћене законским регулативама (угљен моноксид (CO), неметански угљоводоници

(NMHC), азотни оксиди (NO_x), честично загађење - чађ (PM), метан (CH₄) - по EURO стандардима, сумпор диоксид (SO₂), угљен диоксид (CO₂), олово (Pb)) и неке које нису обухваћене прописима као што су бензен, толуен, ксилен, формалдехиди, испарљива органска једињења и слично (Ивковић, 2012). Поред ових, главних загађивача, у ваздуху се у траговима може наћи и жива (Hg) и неки други тешки метали.

Полутанти ваздуха се деле на примарне и секундарне. Примарни састојци отпадних емисија ослобађају се из познатих извора. Секундарни полутанти су резултат хемијских реакција између примарних полутаната или реакција са природним компонентама ваздуха, а често су разорнији од полазних супстанци које ступају у реакцију.

У развијеним земљама постоје закони, али и друштвена одговорност, да се смањи емисија штетних материја. То се постиже чистијим горивом, новијим моторима и уградњом филтера.

У ваздуху има разних канцерогених материја, од којих је примарни канцероген – бензен. Да је бензен канцероген, види се из класификације на основу физиолошких ефеката на човека, које су дали: Светска здравствена организација (World Health Organization – WHO) и међународна организација за истраживање рака (International Agency for Research on Cancer - IARC), а токсичност може да се односи на цео организам или поједине делове организма као што су ћелије или оређени органи. (www.chem.bg.ac.rs)

У саобраћају возачи удахну око 40 микрограма/h, а ако се нађу на бензинској станици, ту им за 3 минута задржавања "слеђује" око 30 микрограма бензена (Тановић, 2016).

Емисија аерозагађења пре или касније у измењеном или у неизмењеном облику падне на земљиште. На простору Републике Србије, од укупне површине њене територије 86,4% територије погођено је деградацијом земљишта различитог типа и интензитета, док су у око 13% земљишта манифестовани проблеми у погледу садржаја опасних и штетних материја. У томе индустријски објекти и саобраћајнице учествују са око 25%. (www.eko.minpolj.gov.rs/wp-content/uploads/zemljiste/UNCCD_NAP_SRBIJA_NACRT.pdf) Пад вредности рН (под утицајем киселих киша) иницирају у земљишту друге промене са негативним последицама. Једна од евидентних последица киселих киша је снижавање вредности рН земљишта.

Тешки метали се претежно задржавају у површинском, органском слоју који је од изузетног значаја за продуктивност екосистема. Степен токсичности тешких метала у земљишту зависи од више фактора: киселости, количине и својстава органских материја у погледу капацитета комплексовања метала са глином и другим неорганским материјалима са којима могу ступити у интеракције. У условима загађења земљишта тешким металима мењају се битни параметри за раст, густину популације, ефикасност метаболизма, што резултује застојима биолошких трансформација. Тло као основни природни елемент представља врло сложен систем који је јако осетљив на различите утицаје па и на загађујуће материје, које су последица саобраћаја. У фази експлоатације путева загађење тла је последица следећих процеса: загађење од површинских вода са коловоза, таложење издувних гасова, просипање терета, доношење загађења ветром, расејавања проласком возила.

Сва загађења која су последица наведених процеса по својој временској карактеристици, могу бити стална, сезонска и случајна. Стална загађења, која су и приказана у раду, везана су за обим, структуру и карактеристике саобраћајног тока.

3. ОПИС МЕРНОГ УРЕЂАЈА

Testo 340 је ручни мерни анализатор који се користи за професионалну анализу димних гасова. Састоји се од кућишта на којем се налази дисплеј, тастатура, конекција за сонду димних гасова, сензор и испуст за гас. Мерења се врше преко сонде, а детектују помоћу сензора који су смештени у кућиште уређаја.

Testo 340 опремљен је сензорима за детекцију:

- кисеоника (O₂) у опсегу до 25% vol.,
- угљенмооксида (CO) до 10.000 ppm
- сумпордиоксида (SO₂) до 500 ppm
- азотдиоксида (NO₂) до 500 ppm
- температуру изражену у °C.

У случају да су концентрације веће, постоји могућност разблажења и тада се опсег повећава двоструко. Очитавања резултата приказана су табеларно и у форми графикана. Може се користити за мерења која трају дуже од два сата. Интервал и време мерења се одређује на уређају по потреби (нпр. 60s/10 min., 120s/30min итд). Измерене вредности могу се меморисати у max 100 фолдера са max 10 локација по фолдеру. Уређај је сертификован од стране већег броја земаља, као и земаља ЕУ.

Може се примењивати за:

- мониторинг индустријских постројења за сагоревање,

- надзор емисије гасова,
- у производњи и коришћењу мотора,
- производњи генератора паре у индустријском сектору.

4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

У овом раду ће бити приказани резултати испитивања загађења ваздуха у непосредној близини раскрснице на урбаном подручју града Новог Сада. Наиме, мерене су концентрације загађујућих материја на друмским саобраћајницама, односно на раскрсници код Футошке пијаце, где се укршта Булевар Ослобођења са Јеврејском улицом и Футошким путем у току друге половине месеца марта 2017. године. То укрштање у нивоу представља класичну четворокраку раскрсницу, а узимајући у обзир њену локацију и интензитет саобраћаја и најоптерећенију раскрсницу у граду. Ову микролокацију карактерише највећи интензитет саобраћаја возила и пешака. Наведена микролокација чини реалан саобраћајни ток, односно нехомоген или мешовит. То значи да је ток састављен од две или више различитих врста моторних возила. Степен нехомогености саобраћајног тока се изражава процентуалним учешћем осталих возила (аутобуса, камиона, комерцијалних возила,...) у саобраћајном току.

Резултати мерења концентрације загађујућих материја указују на загађења у животној средини, а која су резултат заступљености великог броја путничких аутомобила и возила јавног градског превоза. Мерења су извршена помоћу гасног анализатора за мерење емисије гасова, чији опис и начин рада је приказан у претходном поглављу, а временски размак између два узастопна узорковања ваздуха био је 5s. Мерења су извршена у преподневним, вршним и ранијим послеподневним периодима дана и то према фреквенцији саобраћаја. Мерења су извршена ујутру у периоду око 8.00h, у времену око 12.00h и у периоду од 14.30h-15.00h (Табела 1.). С обзиром, да је узорковање ваздуха рађено на сваких 5s, добијен је велики број резултата, али је само један мали део приказан у раду. Део који је приказан говори о просечном стању ваздуха у непосредној близини раскрснице.

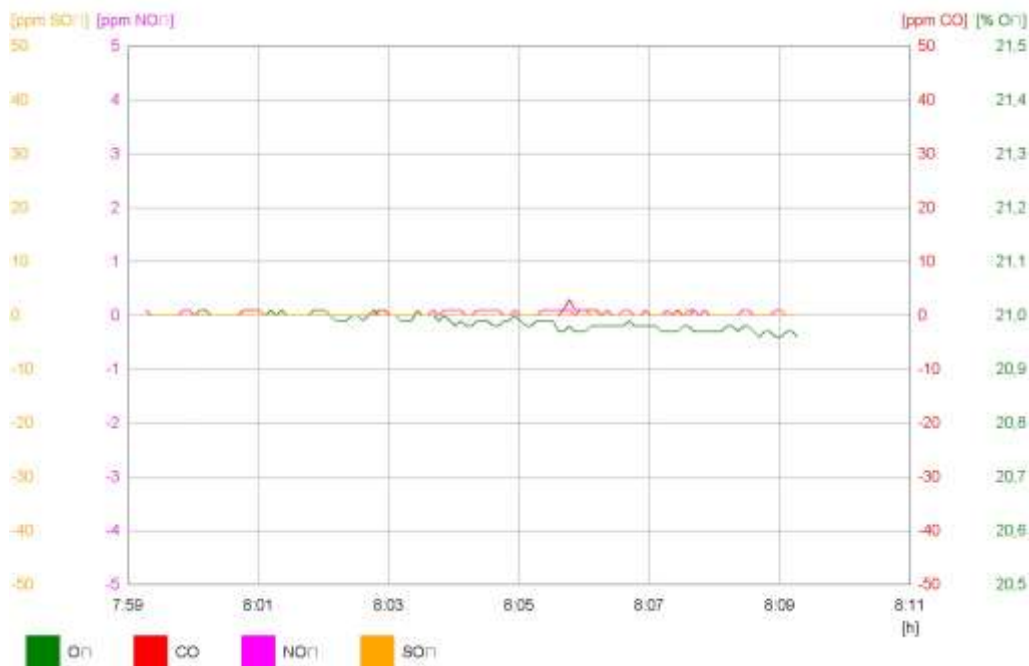
У наредним табелама су приказане измерене вредности по следећем: проценат кисеоника у ваздуху (%), концентрација CO, NO₂, SO₂ и температура ваздуха.

Табела 1: Емисија у јутарњим сатима 8.00h-8.20h

Време мерења	% O ₂	CO (ppm)	°C	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
7.59.16-8.00.41	21,00	0	17,0	0	0
8.00.46-8.01.01	21,00	1	17,4	0	0
8.01.06-8.02.51	20,99	0	17,4	0	0
8.02.56-8.05.41	20,97	1	18,6	0,1	0
8.05.46	20,98	3	18,8	0,1	0
8.05.51-8.06.21	20,98	1	18,7	0,1	0
8.06.26-8.07.21	20,97	0	18,6	0,1	0
8.07.26-8.07.41	20,97	1	18,1	0,1	0
8.07.46-8.09.16	20,97	0	17,6	0,1	0
Средња вредност	20,9811	0,7777	18.0222	0,0666	0
Гранична вредност⁴	21%	140,00ppm	25 °C	149,25ppm	69,93ppm

Из резултата у Табели 1 види се да је садржај O₂ у ваздуху око прописане вредности и просечна вредност износи 20,98%. Просечна вредност емисије CO износи 0,77ppm. Просечна вредност емисије NO₂ износи 0,0666ppm. Концентрација емисије SO₂ је испод границе детекције мерног уређаја.

⁴ Граничне вредности су дате за мерења при температури ваздуха максимално 25°C.



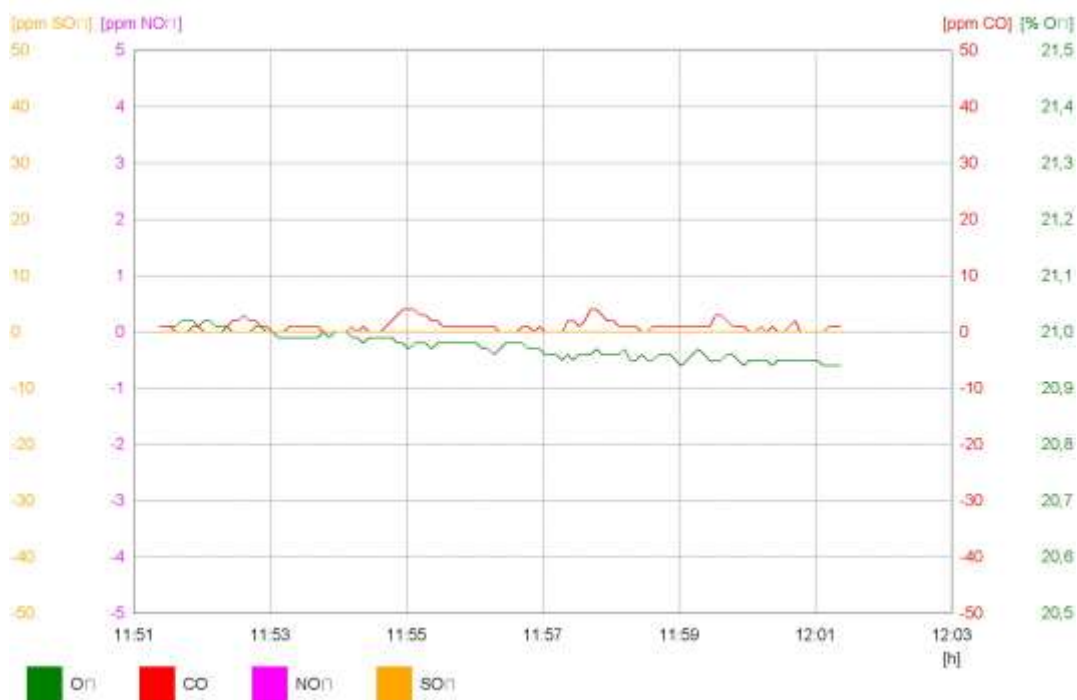
Графикон 1: Емисија у јутарњим сатима 8.00h-8.20h

Табела 2: Емисија у периоду 11.50h-12.20h

Време мерења	% O ₂	CO (ppm)	°C	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
11.51.22-11.51.32	21,01	1	22,6	0	0
11.51.37-11.51.47	21,02	0	22,4	0	0
11.51.52-11.51.57	21,01	1	21,6	0	0
11.52.02-11.52.07	21,01	0	21,1	0	0
11.52.27-11.52.32	21	2	22,4	0	0
11.52.37	21	3	21,9	0	0
11.52.42-11.52.47	21	2	21	0	0
11.52.52-11.54.42	21	1	20,6	0	0
11.54.47	20,99	2	21	0	0
11.54.52	20,98	3	21	0	0
11.54.57-11.55.07	20,97	4	21,6	0	0
11.55.12-11.55.17	20,98	3	21,6	0	0
11.55.22-11.55.27	20,97	2	22,5	0	0
11.55.32-11.56.57	20,96	1	22,2	0	0
Средња вредност	20,9928	1,7857	21,6785	0	0
Гранична вредност	21%	140,00ppm	25 °C	149,25ppm	69,93ppm⁵

Из резултата у Табели 2 види се да је садржај O₂ у ваздуху око прописане вредности и просечна измерена вредност износи 20,99%. Просечна вредност емисије CO износи 1,78ppm. Концентрација емисије NO₂ и SO₂ је испод границе детекције мерног уређаја.

⁵ Граничне вредности су дате за мерења при температури ваздуха максимално 25°C.



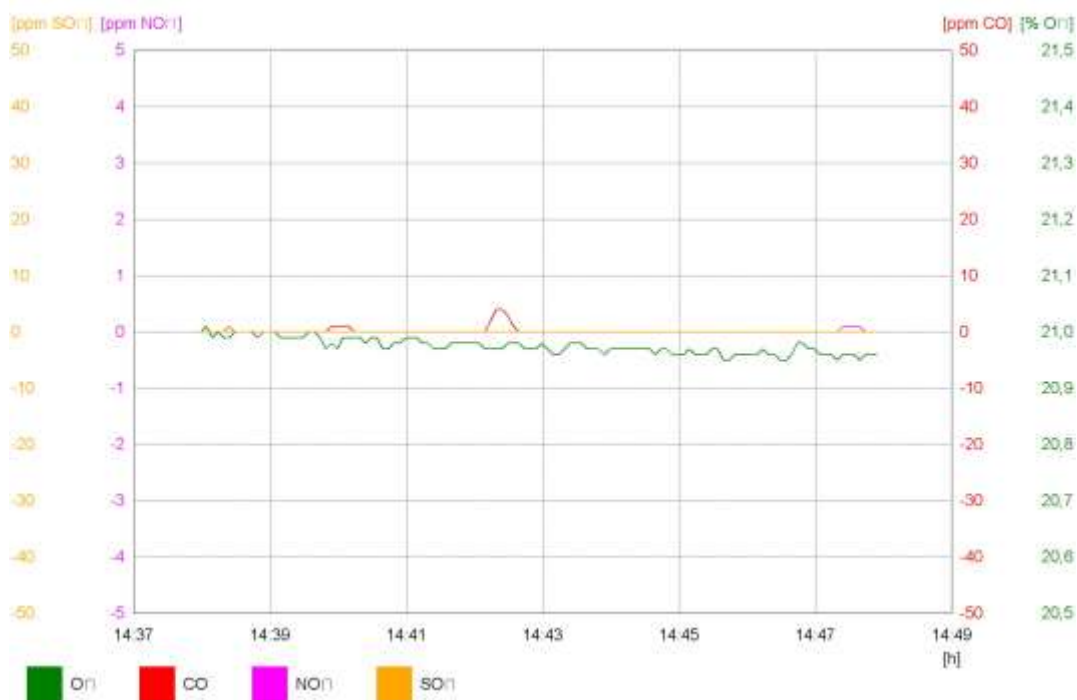
Графикон 2: Емисија у периоду 11.50h-12.20h

Табела 3: Емисија у периоду 14.30h-15.00h

Време мерења	% O ₂	CO (ppm)	°C	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)
14.37.54-14.38.19	21	0	25,1	0	0
14.38.24	20,99	1	25,4	0	0
14.38.29-14.39.49	21	0	25,5	0	0
14.39.54-14.40.09	20,99	1	25,7	0	0
14.40.14-14.42.09	20,99	0	25,6	0	0
14.42.14	20,97	2	25,7	0	0
14.42.19-14.42.24	20,97	4	25,9	0	0
14.42.29	20,98	3	25,8	0	0
14.42.34	20,98	1	25,8	0	0
14.42.39-14.47.19	20,97	0	23,3	0	0
14.47.24-14.47.39	20,96	0	25,3	0,1	0
Средња вредност	20,9818	1,7272	25,3727	0,0090	0
Гранична вредност⁶	21%	140,00ppm	25 °C	149,25ppm	69,93ppm

Из резултата у Табели 3 види се да је садржај O₂ у ваздуху око прописане вредности и просечна измерена вредност износи 20,98%. Просечна вредност емисије CO износи 1,72ppm. Просечна вредност емисије NO₂ износи 0,0090ppm. Концентрација емисије SO₂ је испод границе детекције мерног уређаја.

⁶ Граничне вредности су дате за мерења при температури ваздуха максимално 25°C.



Графикон 3: Емисија у периоду 14.30h-15.00h

Из резултата у приказаним табелама види се да су вредности концентрација емисије гасова, садржаја O_2 и температура ниске, али да су променљиве у зависности од густине саобраћаја на прилазима самој раскрсници. Најизраженије разлике у резултатима бележе се код емисије CO , који је најзначајнији гас као изазивач ефекта стаклене баште. Из табела се види, да се вредности концентрација CO крећу од 0-4ppm. Вредности 0ppm (испод граница мерног уређаја) забележене су када је проток возила, односно интензитет тока q (3 возила/s), вредност 1 када је интензитет тока q (4 возила/s). Вредности од 2ppm су забележене при интензитету тока q (6 возила/s) као и повећаном броју возила градског превоза. Вредности од 3-4ppm су забележене када је саобраћајни ток делимично у прекиду због црвеног светла на семафору из једног од праваца и када је генерално повећан број возила на месту мерења због чекања.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата мерења емисије гасова у непосредној близини раскрснице види се да су концентрације CO веома мале и да су знатно испод граничних вредности. Концентрације NO_2 и SO_2 су у највећем броју мерења испод граница мерења уређаја. Процентуалне вредности O_2 у ваздуху су око вредности које су прописане за састав ваздуха и износе просечно 21%.

На основу добијених и приказаних резултата може се закључити да су емисије гасова на посматраној раскрсници у оквиру граничних вредности па можемо рећи да су загађења минимална, а квалитет ваздуха добар без обзира на временску неравномерност протока возила која је у већој мери последица цикличности у настајању захтева за превозом људи и добара.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Булајић, А. (2016). Обележја страдања пешака на пешачким прелазима регулисаним светлосном сигнализацијом. Докторска дисертација, ФТН, Нови Сад
2. Ивковић И.: Истраживање перформанси аутобуса са погоном на компримовани природни гас са аспекта безбедности и утицаја на животну средину, докторска дисертација, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, Београд, 2012.
3. John P.A., Michiel Makkee, Jacob A. Moulijn, Diesel particulate emission control, Fuel Processing Technology, 1996.
4. Morita, K. (2003). Automotive Power Source in 21st Century, *Journal of, Society of Automotive Engineers of Japan* 24(1): 3-7.
5. Tanović, P. (2016). Ispaljive organske supstance u izduvnim gasovima autobusa, V Међународна конференција „Bezbednosni inženjering“, VTSSS NS, Novi Sad
6. www.chevron.com преузето 03.06.2017.
7. Живковић М.: Мотори са унутрашњим сагоревањем, Машински факултет, Београд, 1988.

8. Закон о заштити ваздуха, основне одредбе ("Сл. Гласник РС", бр. 36/2009)
9. Уредба о граничним вредностима емисија загађујућих материја у ваздуху ("Сл. Гласник РС", бр. 71/2010 и 6/2011 - испр.)
10. http://www.eko.minpolj.gov.rs/wpcontent/uploads/zemljiste/UNCCD_NAP_SRBIJA_NACRT.pdf - преузето 22.08.2017
11. <https://chem.bg.ac.rs> – Класификација интоксиканата на основу физиолошких ефеката

REGULATIVA I PRAKSA IZRADE STRATEŠKIH KARATA BUKE U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU

Mimoza Jeličić¹, Đorđe Mitrović², Dušica Bogičević³, Ivana Vuković⁴

¹Javno preduzeće „Putevi Srbije“, Beograd, mimoza.jelicic@putevi-srbije.rs

²Javno preduzeće „Putevi Srbije“, Beograd, djordje.mitrovic@putevi-srbije.rs

³Javno preduzeće „Putevi Srbije“, Beograd, dusica.bogicevic@putevi-srbije.rs

⁴Javno preduzeće „Putevi Srbije“, Beograd, ivana.vukovic@putevi-srbije.rs

Rezime: Buka nesumnjivo predstavlja prostorno najizraženiji uticaj, a drumski saobraćaj je njen dominantan izvor. Sagledavanje razmere uticaja buke na životnu sredinu formulirano je Direktivom 2002/49/EZ Evropskog parlamenta koja sadrži smernice za kvantifikovanje uticaja buke i aktivnosti za njihovo ublažavanje. U zakonodavstvo Republike Srbije ovaj dokument je transponovan u set pravnih akata iz 2010. godine. Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. glasnik RS“, br.36/2009 i 88/2010) i prateća podzakonska akta (jedna uredba i pet pravilnika), koja su doneta u periodu oktobar - novembar 2010. godine, usaglašeni su sa Direktivom 2002/49/EZ.

Izveštaji o ugroženosti ljudske populacije prekomernim nivoima buke poreklom od različitih veštačkih izvora predstavljaju se strateškim kartama buke i izražavaju brojem stanovnika izloženih različitim nivoima buke u intervalima od 5 dB(A). Strateške karte buke predstavljaju osnovu za izradu akcionih planova za ublaženje i otklanjanje ovog uticaja. U radu je dat i prikaz pravnih i institucionalnih aktivnosti koje se preduzimaju u JP „Putevi Srbije“ u cilju razrešenja problematike izrade strateških karata buke na državnim putevima I i II reda.

Ključne reči: buka, strateške karte buke, JP „Putevi Srbije“, državni putevi

METHODOLOGICAL FRAMEWORK OF MAKING STRATEGIC NOISE MAPS OF ROAD TRAFFIC

Mimoza Jeličić, Đorđe Mitrović, Dušica Bogičević, Ivana Vuković

Public Enterprise „Roads of Serbia“, Belgrade

Summary: Environmental noise undoubtedly represents the most pronounced spatial impact and road transport is its dominant source. Consideration of the scale of the noise impact on the environment is formulated by the Directive 2002/49 / EC of the European Parliament through the guidelines to quantify the impact of noise and activities for their mitigation. The legislation of the Republic of Serbia has transposed this document in the set of legal documents from 2010. The Law on Environmental Noise Protection ("Off. Gazette of RS", No.36 / 2009 and 88/2010) and the accompanying secondary legislation (One Regulation and five Rules), which were adopted in the period October - November 2010, has been harmonized with the Directive 2002/49 / EC.

The reports of the vulnerability of the human population by the excessive noise levels originating from various artificial sources are represented by the strategic noise maps and expressed by the number of people exposed to different noise levels at intervals of 5 dB (A). The strategic noise map are the basis for the development of action plans for the mitigation and elimination of the impact. This paper provides a review of the legal and institutional activities undertaken at PE "Roads of Serbia" in order to solve the problem of making strategic noise maps on Public Roads of I and II Category.

Keywords: noise, strategic noise maps, Public Enterprise „Roads of Serbia“, public roads

¹ Autor zadužen za korespondenciju: mimoza.jelicic@putevi-srbije.rs

1. UVOD

Buka predstavlja zagađivač današnjice sa posebnim karakteristikama, jer je ona pre svega, subjektivni doživljaj. Buka koja potiče od drumskog saobraćaja predstavlja prostorno najizraženiji uticaj na životnu sredinu današnjice. Možemo slobodno reći da je buka postala globalni problem, ali isto tako možemo slobodno reći i da je problem saobraćajne buke lokalni problem direktno povezan sa prostornim i urbanističkim planiranjem.

Jedan od ciljeva politike zaštite životne sredine JP „Putevi Srbije“ usmeren je na smanjenje negativnog uticaja buke koji potiče od putnog sektora na životnu sredinu. Početkom 2014. godine pokrenuta je javna nabavka za realizaciju obaveza proisteklih iz primene Direktive EU vezane za zaštitu od buke (END 2002/49/EC) u vidu izrade strateških karata buke na najopterećenijim deonicama državne putne mreže Republike Srbije.

2. ZAKONSKA REGULATIVA ZA IZRADU STRATEŠKIH KARATA BUKE

Krovni dokument i polazna osnova za zaštitu životne sredine od buke predstavlja Direktiva o proceni i upravljanju bukom u životnoj sredini (END 2002/49/EC), usvojena od strane Evropskog parlamenta. Direktiva definiše metode i pravila izrade strateških karata buke. U zakonodavstvo Republike Srbije ovaj dokument je transponovan u set pravnih akata iz 2010. godine. Zakon o zaštiti životne sredine od buke („Sl. glasnik RS“, br.36/2009 i 88/2010) i prateća podzakonska akta (jedna uredba i pet pravilnika), koja su doneta u periodu oktobar-novembar 2010. godine, usaglašeni su sa Direktivom 2002/49/EC.

Putevi sa pripadajućim saobraćajem spadaju u grupu najvećih zagađivača životne sredine bukom i shodno tome Javno preduzeće „Putevi Srbije“ preduzelo je adekvatne korake u planiranju i projektovanju, a u skladu sa zakonskom regulativom u ovoj oblasti, kako bi se negativni uticaji puta na životnu sredinu sveli na najmanju moguću meru. Samostalnim članom 13. Zakona o izmenama i dopunama Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. Glasnik RS“ br.36/2009 i 88/2010) preciziran je rok za izradu strateških karata buke za glavne puteve sa prosečnim godišnjim protokom saobraćaja većim od 6.000.000 vozila, najkasnije do 30. juna 2015. godine. Istim članom je preciziran rok za izradu strateških karata buke za glavne puteve sa prosečnim godišnjim protokom saobraćaja većim od 3.000.000 vozila, najkasnije do 31. decembra 2020. godine. Do polovine 2016. godine za sve deonice na mreži državnih puteva Srbije sa godišnjim saobraćajem preko 3.000.000 vozila, izrađene su strateške karte buke. Strateške karte buke koristiće se kao osnova za izradu akcionih planova zaštite od buke u životnoj sredini i kao sredstvo za obaveštavanje javnosti o nivou buke u životnoj sredini i štetnim efektima. Međutim, izrada akcionih planova je uslovljena određivanjem graničnih vrednosti nivoa buke za konkretne prostorne sadržaje, a to je moguće definisati isključivo izradom akustičkih zona za ugrožena područja, što je, prema Pravilniku o metodologiji za određivanje akustičkih zona („Sl. Glasnik RS“ br.72/2010), zadatak lokalne uprave.

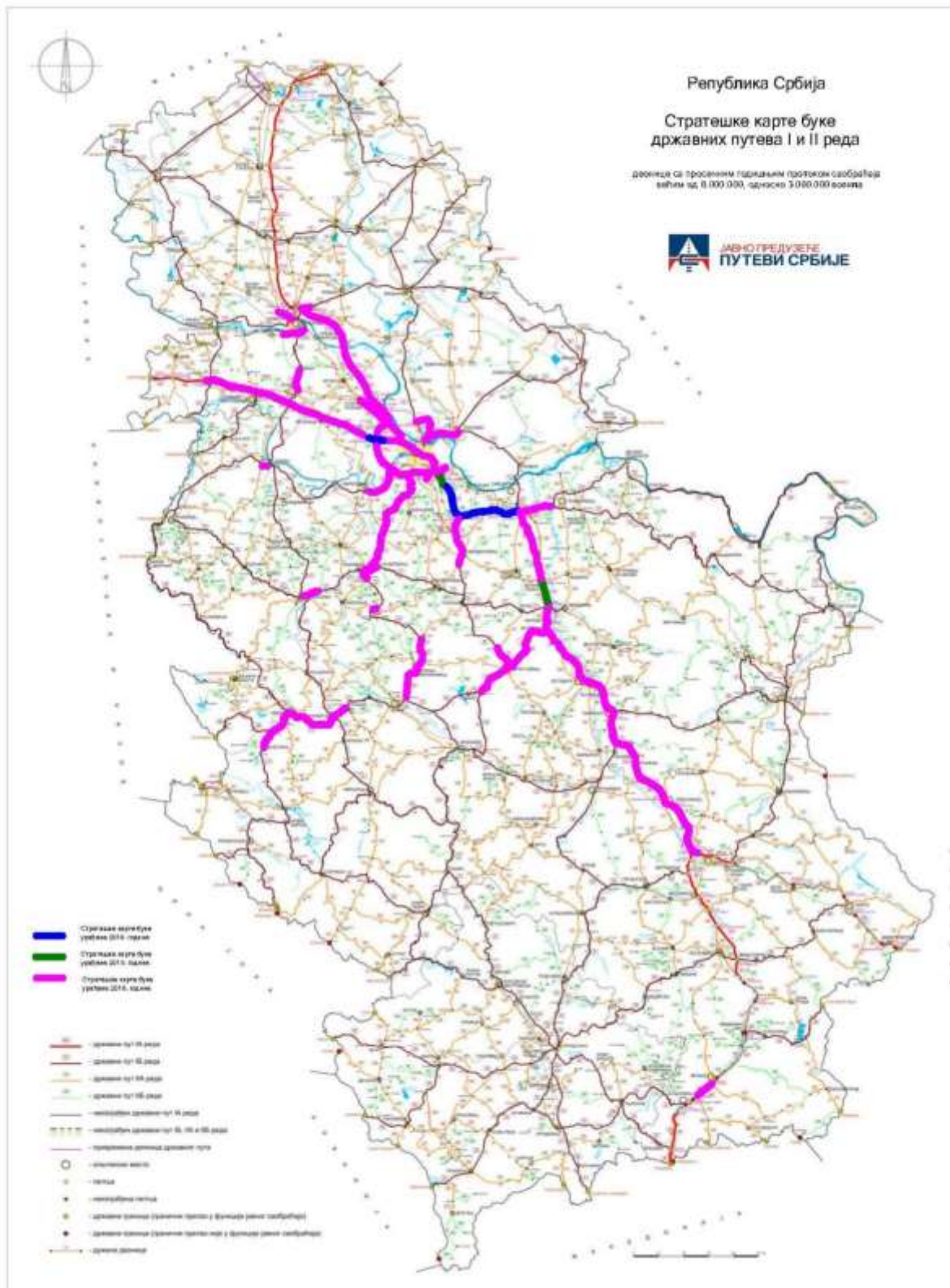
Inovativna rešenja koje je doneo Zakon je izrada strateških karata buke i akcionih planova zaštite od buke u životnoj sredini koje predstavljaju obavezan vid izveštavanja javnosti. Strateške karte buke predstavljaju stanje buke u životnoj sredini, odnosno podatke o postojećim i procenjenim nivoima buke. Iz strateških karata se mogu očitati mesta na kojima je nivo buke viši od dozvoljenog i te karte služe kao osnova za izradu akcionih planova za zaštitu stanovništva od buke.

3. IZRADA STRATEŠKIH KARATA BUKE

Javno preduzeće „Putevi Srbije“ kao upravljač nad državnim putevima u Republici Srbiji jedan je od subjekata zaštite životne sredine u aktivnostima vezanim za zaštitu od buke drumskog saobraćaja. Nosilac aktivnosti na zaštiti životne sredine je Odeljenje za zaštitu životne sredine koje radi u okviru Sektora za strategiju, projektovanje i razvoj. Polazna osnova za rad odeljenja su zakoni vezani za oblast zaštite životne sredine.

JP „Putevi Srbije“ je u okviru svoje nadležnosti, a u skladu sa članovima 2, 4. i 20. Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. glasnik RS“, 36/09 i 88/10) i poštujući rokove predviđene samostalnim članom 13. Zakona o izmenama i dopunama Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. glasnik RS“ 88/10), kao pionir u ovoj oblasti započelo 2013. godine izradu strateških karata buke za državne puteve I i II reda.

Kako bi se ispoštovao predviđeni zakonski rok za izradu strateških karata buke u Programu poslovanja za 2013, 2014 i 2015. godinu je bila predviđena izrada strateških karata buke za sve deonice državnih puteva sa godišnjim protokom saobraćaja većim od 6.000.000 i 3.000.000 vozila godišnje (Krata 1.).



Karta 1. Strateške karte buke državnih puteva I i II reda

Realizacija svih strateških karata buke okončana je tokom 2016. godine i to za sledeće deonice:

1. Dobanovci – aerodrom „Nikola Tesla“ (L = 5,3 km),
2. Vrčin – Mali Požarevac (L = 14,3 km),
3. Mali Požarevac – Umčari – Vodanj – Kolari (L = 12,4 km),
4. Kolari – Rajla (Smederevo) – Rajla (Požarevac) (L = 13,4 km),
5. Bujanj Potok - Vrčin (L = 9,3 km),
6. Velika Plana - Markovac (L = 12,0 km),
7. Batočina - Trupale, (L=116,7km),
8. Novi Sad (petlja Temerin) – Bujanj Potok (L= 92,8 km),
9. Rajla (Požarevac) - Batočina, Cerovac – Kragujevac i Batočina (Markovac) - Ravni Gaj (L= 88,8 km),
10. Orlovača – Županjac, Poljanice (Belanovica) - Ljig (Mionica) i Bućin Grob – Preljina (L= 83,6 km),
11. Kuzmin - za Dobanovce, Aerodrom „Nikola Tesla“- BGD (Novi Sad), BGD (Krnjača) - Pančevo 1 (Kovin) i Padinska Skela - BGD (Krnjača), (L=103,4km),
12. Kneževići – Čajetina, Kneževići – Kratovska stena, deonica za Markovicu – Mrčajevci, Ribnica – Beranovac i deonica Čairi – Stopanja (L=93,1 km),
13. Batajnica - petlja Orlovača, deonica Ostružnica - Obrenovac, deonica Mali Mokri Lug - Kružni put (Leštane), Beli Potok – Avala 1 i Bujanj Potok - Kružni put (Kneževac), (L=62 km),
14. deonica Valjevo – Valjevo 5 (obilaznica), deonica Valjevo – Iverak, deonica Čelije – Lazarevac 2 (Čibukovica), (L=18,6 km),
15. Niš (Trupale) - Niš (Gornja Toponica), Vranje 2 – Ristovac, n Mala Krsna 1 – Požarevac 2, Mali Požarevac - Međulužje (L=46,4 km),
16. Rakovac - Novi Sad 7 (Beočin), Irig 2 (Vrdnik) - Ruma 3 (Kraljevci), Šabac 4 - Šabac 5, Novi Sad 4 (Beška) – Kać, Rumenka – Novi Sad 1 (B. Petrovac), (L=35,4 km),
17. Stara Pazova-Beograd, (L=26,5 km).

Polazna osnova za izradu strateških karata buke je projektni zadatak, čija izrada je neminovno predstavljala veliki izazov za Odeljenje za zaštitu životne sredine. Projektnim zadatkom je definisana izrada strateških karata buke na državnim putevima I i II reda, u skladu sa odredbama i metodologijom Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. glasnik RS“ 36/09 i 88/10) i pratećim podzakonskim aktima koji regulišu ovu oblast:

1. Uredbom o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini („Sl. glasnik RS“, br. 75/10),
2. Pravilnikom o metodama merenja buke, sadržini i obimu izveštaja o merenju buke („Sl. glasnik RS“, br. 72/10),
3. Pravilnikom o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti („Sl. glasnik RS“, br. 80/10).

Deonice državnih puteva za koje su izradjene strateške karte buke su definisane na osnovu dokumenta Prosečan godišnji dnevni saobraćaj – PGDS za 2012. godinu (www.putevi-srbije.rs). Početne i krajnje tačke deonice su definisane na osnovu Referentnog sistema Republike Srbije, a putni pravci na osnovu Uredbe o kategorizaciji državnih puteva („Sl. glasnik RS“, br. 105/13 i 119/13).

Strateške karte buke predstavljaju podatke o postojećim i procenjenim nivoima buke, koji su prikazani indikatorima buke. Strateške karte buke sadrže prikaz podataka o stanju buke, a naročito²:

1. Postojeći, prethodni i procenjeni nivo buke u životnoj sredini izražen indikatorima buke,
2. Mesta prekoračenja propisanih graničnih vrednosti,
3. Procenu broja domaćinstva, škola, bolnica na određenom prostoru koje su izložene buci iznad propisanih graničnih vrednosti,
4. Procenu broja ljudi koji se nalaze na određenom prostoru izloženom buci iznad propisanih graničnih vrednosti,
5. Druge propisane podatke.

² Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. Glasnik RS“ 36/2009 i 88/2010)

Strateške karte buke revidiraju se svake pete godine računajući od dana početka njihove pripreme. Akcioni planovi za zaštitu od buke se rade na osnovu strateških karata buke i po potrebi se revidiraju ukoliko je došlo do značajne promene u pogledu postojećeg nivoa buke u životnoj sredini, a najmanje svake pete godine.

Za potrebe informisanja javnosti i izrade akcionih planova strateške karte buke sadrže naročito:³

1. Grafički prikaz indikatora buke,
2. Karte koja prikazuju područja s prekoračenjem graničnih vrednosti,
3. Karte u kojima se postojeće stanje poredi s mogućim budućim situacijama
4. Karte koje prikazuju vrednost indikatora buke na visinama manjim ili većim od 4 metara, ako to zahteva situacija na terenu.

Strateška karta buke se sastoji iz tekstualnog i grafičkog dela. Članom broj 10. Pravilnika o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti („Sl. glasnik RS“, br. 80/10), definiše se tekstualni deo strateških karata buke glavnih drumskih saobraćajnica koji sadrži najmanje:

1. Opšti opis predmetne deonice puta uključujući naročito lokaciju, veličinu i podatke o saobraćaju za 2012. godinu (relevantna godina je definisana na osnovu raspoloživih podataka JP „Puteva Srbije“);
2. Opis naseljenih područja u okruženju predmetne deonice puta, uključujući, naročito, lokaciju, veličinu i podatke o nameni prostora, kao i drugim glavnim izvorima buke;
3. Opis mera i programa zaštite od buke koji su se sprovodili u poslednjih deset godina, odnosno koji se sada sprovode;
4. Metode korišćene za izradu strateških karata buke;
5. Popis podataka na osnovu kojih je izrađen akustički model izvora buke;
6. Popis meteoroloških podataka;
7. Podatke o procenjenom broju ljudi (u stotinama) koji žive u stanovima van aglomeracija, koji su izloženi vrednostima L_{den} u dB(A) proračunatim na visini 4 m iznad tla na najizloženijoj fasadi (izuzetno na 2 m iznad tla za prizemne objekte)⁴, i to u svakom od sledećih opsega: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74 i ≥ 75 ;
8. Podatke o procenjenom broju ljudi (u stotinama) koji žive u stanovima van aglomeracija, koji su izloženi vrednostima L_{night} u dB(A) proračunatim na visini 4 m iznad tla na najizloženijoj fasadi, izuzetno na 2 m iznad tla za prizemne objekte, i to u svakom od sledećih opsega: 45-49, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, i ≥ 70 ;
9. Ukupnu površinu, izraženu u km², izloženu vrednostima indikatora buke L_{den} većim od 55, 65 i 75 dB(A) proračunatim na visini 4 m iznad tla na najizloženijoj fasadi (izuzetno na 2 m iznad tla za prizemne objekte)⁵, uključujući procenjen ukupan broj stanova (u stotinama) i ukupan broj ljudi (u stotinama) koji se procenjuje da živi na svakoj od navedenih površina, uključujući i aglomeracije;
10. Linije jednakih nivoa buke od 45, 50, 55, 60, 65, 70 i 75 dB (A) sa ucrtanim položajem naselja.

Grafički deo strateških karata buke sadrži indikatore buke u obliku linija istih nivoa buke - izofona u koracima s međusobnim razmakom od 5 dB, u opsegu nivoa od 45 do 75 dB(A), označenih bojama prema Prilogu 1, Pravilnika o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti („Sl. glasnik RS“, br. 80/10).

Podaci o buci u životnoj sredini su deo izveštaja o stanju životne sredine u Republici Srbiji. Javno preduzeće „Putevi Srbije“ kontinuirano dostavlja Agenciji za zaštitu životne sredine izveštaje o stanju životne sredine na putevima. Dostavljaju se podaci o vrednostima indikatora buke za dan-veče-noć (L_{den}), indikatora buke za noć (L_{night}), kao i broj stanovnika izloženih buci u zahtevanim opsezima u intervalima od 5dB, počev od 55 dB za L_{den} i 45 dB za L_{night} . U prvih 6 strateških karata buke uneti su podaci i za broj stanovnika izloženih nivoima buke ispod 55 dB za L_{den} i 45 za L_{night} , ali su u kasnijim izveštajima oni izostavljeni, jer ovi podaci imaju smisla samo kod strateških karata buke za aglomeracije.

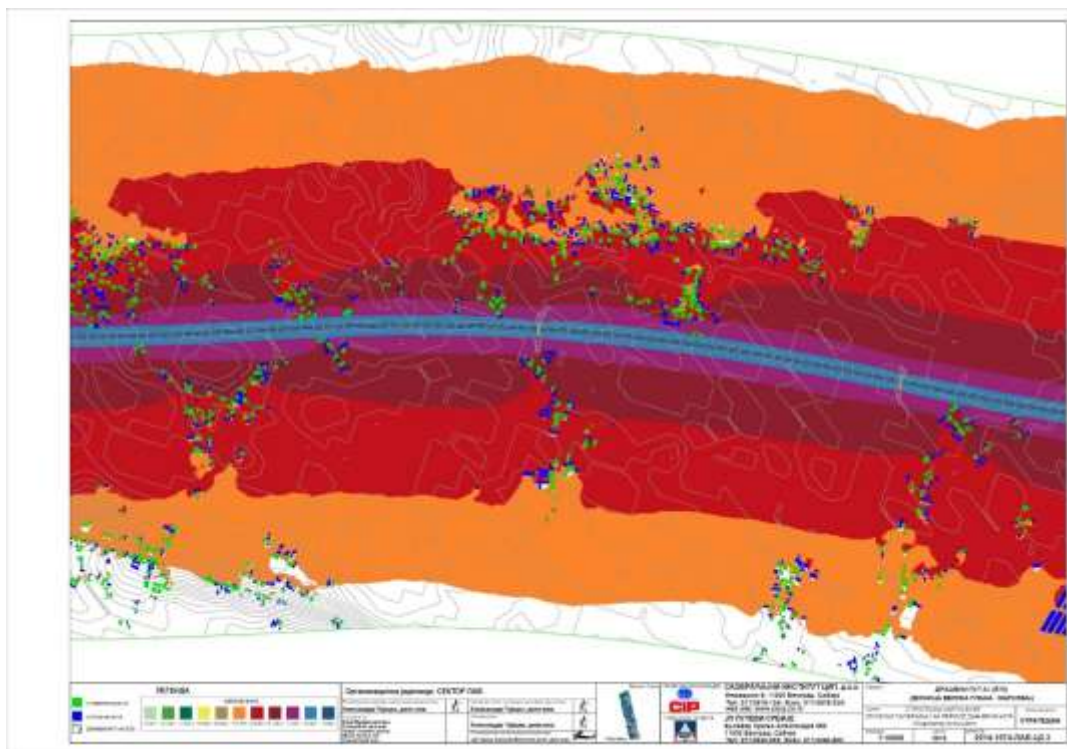
Analiza rezultata, dobijenih strateškim mapiranjem na deonicama, vrši se popunjavanjem tabela za numeričko prikazivanje podataka javnosti datih u Prilogu 2, Pravilnika o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti („Sl. Glasnik RS“, br. 80/2010). Grafički prikaz

³ Pravilnik o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti („Sl. Glasnik RS“, br. 80/2010)

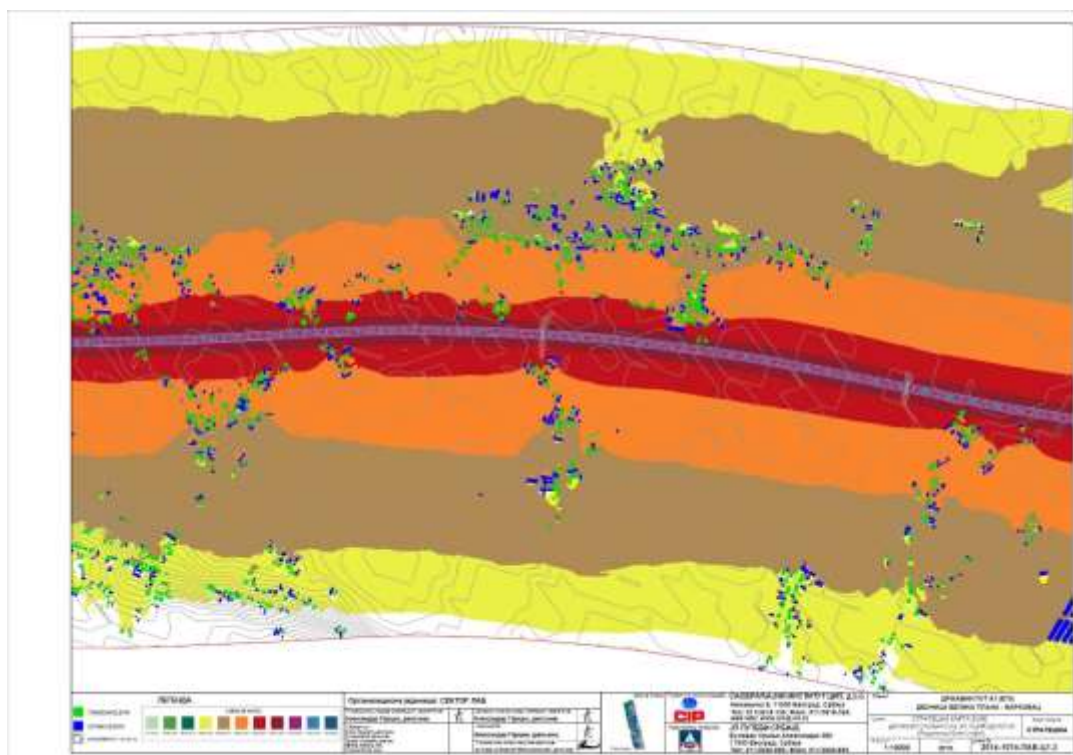
⁴ Na osnovu zahteva JP „Putevi Srbije“

⁵ Na osnovu zahteva JP „Putevi Srbije“

strateških karata buke za period dan-veče-noć (indikator buke L_{den}) i period noći (indikator buke L_{night}) izrađuju se u skladu sa Prilogom 1, Pravilnika o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti („Sl. Glasnik RS“, br. 80/2010), koji ujedno definiše i boje koje prikazuju nivoe buke. Na slikama 1. i 2. dati su primeri urađenih karata izofona za period dan-veče-noć L_{den} i period noći L_{night} za strateške karte buke na državnom putu IA-A1, deonica Velika Plana - Markovac.



Slika 1. Grafički deo karte buke za period dan-veče-noć (indikator buke L_{den})



Slika 2. Grafički deo karte buke za period noći (indikator buke L_{night})

Problemi sa kojima su se susretali projektanti prilikom izrade strateških karata buke su svakako nedostatak realnih podataka, odnosno službenih podataka nadležnih organizacija. Podatke o strukturi i obimu saobraćaja (PGDS) projektant je uzimao na osnovu dokumenta o brojanju saobraćaja na državnim putevima Republike Srbije u toku 2012. godine koji izdaje Javno preduzeće „Putevi Srbije“. Okvirne brzine saobraćajnih tokova za putnička vozila je uzimana brzina ograničenja na državnim putevima dok je za teretna vozila uzimana 80% od ograničene brzine. Što se tiče kolovozne konstrukcije korišćeni su podaci arhive starosti kolovozne konstrukcije, na osnovu Idejnih i Glavnih projekata ili, u nedostatku istih, opažanjem na terenu. Korišćenjem rezultata popisa stanovništva, domaćinstava i stanova u 2011. godini Republičkog statističkog zavoda, dobijene su demografske karakteristike. Podaci koji su neophodni kako bi se izradile strateške karte buke su još i meteorološki parametri koji su korišćeni na osnovu publikacije Meteorološki godišnjak 1.- Klimatološki podaci za 2012. godinu, Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, topografske karte, orto foto snimci posmatranog područja, visina i namena objekata izloženih uticaju koja se utvrđuje obilaskom terena itd.

Stav 2. člana 17. Pravilnika o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti daje mogućnost da, kao izvor podataka u slučaju nepostojanja službenih podataka, može da se koristi poslednje izdanje dokumenta radne grupe za ocenu izloženosti buci Evropske Komisije pod nazivom „Polazne osnove - Vodič kroz dobru praksu izrade strateških karata buke i s njima povezanih podataka o izloženosti buci“ koji je dostupan na internet stranici <http://ec.europa.eu/enviromental/noise/mapping.htm>. Ukoliko se koriste podaci iz ovog dokumenta naručilac izrade strateške karte buke mora biti upoznat i saglasan sa upotrebom podataka.

4. ZAKLJUČAK

Zakonska regulativa, koja je usklađena sa evropskim propisima ima za cilj da se maksimalno ograniči i kontroliše izlaganje populacije nivoima buke iznad propisanih graničnih vrednosti. S obzirom na značaj ovog fenomena, proizlazi potreba za kontrolom nivoa buke i planiranje mera za zaštitu populacije od njenog negativnog dejstva. Način borbe u životnoj sredini u velikoj meri zavisi od stepena razvoja, ekonomije, kulture i politike zemlje. Ministarstvo za zaštitu životne sredine priprema izmenu i dopunu Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini, koji će preciznije definisati obaveze subjekata u izradi strateških karata buke i sprovođenje mera zaštite. Strateške karte buke predstavljaju izveštaj o izloženosti ljudske populacije prekomernim nivoima buke poreklom od različitih veštačkih izvora. Drumski saobraćaj, prema podacima iz strateških karata buke država članica EU, predstavlja dominantan izvor buke. Strateške karte buke se izrađuju modelovanjem na osnovu saobraćajnih pokazatelja za predmetnu deonicu, geometrijskih karakteristika trase, konfiguracije terena i demografskih podataka. Rezultat proračuna je broj ljudi izloženih definisanim opsezima buke u toku 24 – časovnog perioda (L_{den}) i tokom noći (L_{night}), sa posebnim osvrtom na populaciju koja trpi buku iznad propisanih graničnih vrednosti. Strateške karte buke su mape dizajnirane za globalne izveštaje izloženosti buci. Na osnovu karata stiže se uvid u stanje na terenu, gde je glavni problem visok nivo buke. Postaje očigledno da će u bliskoj budućnosti lice koje stvara pojavu buke biti odgovorno za izgradnju objekata i opreme, ili sprovođenje drugih mera zaštite kako bi se otklonili ili umanjili negativni uticaji buke na zdravlje stanovništva.

LITERATURA

- Zakonu o javnim putevima („Službeni glasnik RS“ , broj 101/05)
- Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini („Sl. Glasnik RS“ 36/2009 i 88/2010)
- Pravilnik o sadržini i metodama izrade strateških karata buke i načinu njihovog prikazivanja javnosti (Sl. Glasnik RS, br. 80/2010)
- Strateška karta buke državnog puta IA-A1, deonica Velika Plana - Markovac
- European Enviroment Agency (2014). EEA Report No 10/2014 Noise in Europe 2014, Preuzeto 16. aprila 2015, sa <http://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>
- European Enviroment Agency (2015). EEA Report No 7/2015 Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration, Preuzeto 10. decembra 2015, sa <http://www.eea.europa.eu/publications/term-report-2015>

KONTINUIRANA DUGOTRAJNA MERENJA BUKE DRUMSKOG SAOBRAĆAJA U GRADOVIMA

Momir Praščević¹, Darko Mihajlov²

¹ Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, momir.prascevic@znrfak.ni.ac.rs

² Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, darko.mihajlov@znrfak.ni.ac.rs

Rezime: U radu je prikazana strategija kontinuiranih dugotrajnih merenja buke drumskog saobraćaja u cilju određivanja godišnjih vrednosti indikatora buke propisanim evropskim i nacionalnim zakonodavstvom. Prikazani su i analizirani rezultati dugotrajnih merenja buke drumskog saobraćaja na odabranim mernim lokacijama pored glavnih gradskih saobraćajnica u Nišu.

Ključne reči: dugotrajno merenje buke, drumski saobraćaj, indikatori buke.

CONTINUOUS LONG-TERM NOISE MEASUREMENTS OF RAOD TRAFFIC IN THE CITIES

Momir Praščević¹, Darko Mihajlov²

¹ University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš, momir.prascevic@znrfak.ni.ac.rs

² University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš, darko.mihajlov@znrfak.ni.ac.rs

Abstract: The strategy of continuous long-term road traffic noise measurements aimed to determine the yearly noise indicators defined by European and national laws is presented in this paper. Also, the results of long-term traffic noise measurements at the measurements locations near the main streets in the city of Niš are presented and analyzed.

Keywords: long-term noise measurement, road traffic, noise indicators.

1. UVOD

Drumski saobraćaj sasvim sigurno predstavlja dominantan izvor povišenih nivoa buke na većem delu teritorije svih urbanih područja. Istraživanja Svetske zdravstvene organizacije pokazuju da je više od 40 % populacije zemalja Evropske unije izloženo buci drumskog saobraćaja čiji ekvivalentni nivo za period od čitavog dana premašuje 55 dB, a da je čak 20 % populacije izloženo ekvivalentnim nivoima većim od 65 dB za taj period. Uzimajući u obzir buku koja potiče od svih vrsta transporta, procenjuje se da oko polovine gradskog stanovništva Evropske unije živi u zonama koje ne obezbeđuju adekvatan akustički komfor. Pri tome, više od 30 % populacije je tokom noći izloženo ekvivalentnim nivoima buke većim od 55 dB, što ima uznemiravajući efekat na spavanje i odražava se negativno na kvalitet noćnog odmora [1].

Poslednji podaci o stanju nivoa buke u životnoj sredini koji su dobijeni na osnovu prve runde izrade strateških karata buke za aglomeracije u Evropskoj Uniji pokazuju da 54% stanovništva u urbanim sredinama (56,001,200 stanovnika) je izloženo vrednostima L_{den} iznad 55 dB, dok je 15% stanovništva (15,754,500 stanovnika) izloženo vrednostima L_{den} iznad 65 dB. Pored toga, dodatnih 33,437,244 stanovnika van aglomeracija žive u oblastima gde su vrednosti L_{den} iznad 55 dB a 7,657,083 žive u oblastima gde su vrednosti L_{den} iznad 65 dB. Ukupno 89,438,444 stanovnika je izloženo vrednostima L_{den} iznad 55 dB a skoro 89 miliona je izloženo saobraćajnoj buci [2].

Iz tih razloga, praćenje nivoa buke u životnoj sredini, njegova procena i analiza rezultata postaju neophodnost, a naročito kada se raspravlja o mogućem oporavku područja sa zatečenim visokim nivoima buke, pre svega u zonama koje su namenjene specifičnim aktivnostima

Prihvatanjem problema buke i poznavanjem njenih posledica na zdravlje ugrožene populacije, mnoge zemlje su u poslednje vreme planski pristupile rešavanju pitanja buke primenom novih tehnologija koje obezbeđuju vozila sa motorima niže emisije zvučne energije, poboljšanje kvaliteta pneumatika u smislu smanjenja emisije buke koja je posledica njihove interakcije sa podlogom, kao i nove materijale u putarskoj industriji kojima se postiže izgradnja tzv. tihih kolovoza. Iako se navedenim tehnološkim rešenjima ponaosob postižu

¹ Autor zadužen za korespondenciju: momir.prascevic@znrfak.ni.ac.rs

značajni rezultati u borbi protiv buke, trend povećanja buke u urbanim područjima je i dalje prisutan, pre svega kao posledica stalnog povećanja obima saobraćaja.

Pored stepena motorizacije, drugi bitan činilac obima saobraćaja koji utiče na formiranje akustičke slike u naseljenim područjima je mobilnost, kao pokazatelj broja putovanja po stanovniku, ostvaren prevoznim sredstvima u toku jednog dana ili godine. U suštini, mobilnost je funkcija nivoa životnog standarda stanovništva i prvenstveno zavisi od visine dohotka stanovništva i stanja saobraćajnih sistema.

Treći važan faktor je stanje ulične mreže kona ne zadovoljava trenutni obim saobraćaja u smislu poprečnog profila, trase i izgrađenosti. Primarna mreža zbog toga nema dovoljne kapacitete da u kritičnim časovima prihvati saobraćajne tokove iz sekundarne mreže.

Za praćenje stanja nivoa buke drumskog saobraćaja na karakterističnim lokacijama tokom godine potrebno je raspolagati odgovarajućom mernom strategijom koja će obuhvatati dinamičku prirodu procesa prostiranja zvuka, uticaj meteoroloških prilika na prostiranje zvuka, kao i ostale faktore koji su u funkciji utvrđivanja tačnog nivoa opterećenosti bukom datog mernog mesta na godišnjem nivou.

Poznavanje tačnih podataka o godišnjim vrednostima indikatora buke u životnoj sredini predstavlja bitan preduslov za kreiranje niza dokumenata na lokalnom, nacionalnom i regionalnom nivou za sagledavanje postojećeg stanja opterećenosti životne sredine bukom, kao i za planiranje mera i aktivnosti koje treba preduzeti, preventivno ili korektivno, radi održavanja nivoa buke u dozvoljenim granicama ili njene redukcije u onim područjima u kojima ona predstavlja ozbiljnu smetnju i prepreku za obavljanje ljudskih aktivnosti, pa time u manjoj ili većoj meri utiče na ljudsko zdravlje.

Aktuelni pristup utvrđivanja stepena zagađenosti životne sredine bukom podrazumeva dve merne strategije za određivanje godišnjih indikatora buke na datoj lokaciji: dugotrajni i kratkotrajni monitoring buke. U radu je prikazan koncept kontinuiranih dugotrajnih merenja buke drumskog saobraćaja u cilju određivanja godišnjih vrednosti indikatora buke. Prikazani su i analizirani rezultati merenja buke drumskog saobraćaja na odabranim mernim lokacijama pored glavnih gradskih saobraćajnica u Nišu.

2. INDIKATORI BUKE

Imajući u vidu upotrebu različitih indikatora buke u pojedinim evropskim zemljama, kriterijume za izbor indikatora buke, alternative i skup mogućih indikatora buke, Direktiva 2002/49/EC [3] propisuje korišćenje usklađenih indikatora buke u zemljama članicama Evropske unije, kao fizičkih veličina kojima se opisuje buka koju u životnoj sredini stvaraju različiti izvori buke na otvorenom prostoru i koje u određenoj meri štetno utiču na ljudsko zdravlje.

Direktivom 2002/49/EC, kao i zakonskim propisima Republike Srbije [4] koji su proistekli iz nje, predviđena je upotreba osnovnih i dodatnih indikatora buke. Osnovne indikatore buke čine:

1. Indikator ukupne buke L_{den} - indikator koji opisuje ukupno uznemiravanje bukom za vremenski period od 24 časa, tj. za period dan-veče-noć;
2. Indikator dnevne buke L_{day} - indikator koji opisuje uznemiravanje bukom u toku dana;
3. Indikator večernje buke $L_{evening}$ - indikator koji opisuje uznemiravanje bukom u toku večeri;
4. Indikator noćne buke L_{night} - indikator koji opisuje ometanje sna u toku noći.

Osnovni indikatori buke poput indikatora ukupne buke L_{den} i indikatora noćne buke L_{night} se upotrebljavaju za izradu strateških karata buke, dok se prilikom akustičkog planiranja prostora i određivanja područja koja treba da budu zaštićena od buke (tihe zone), pored navedenih, upotrebljavaju i indikatori dnevne i večernje buke L_{day} i $L_{evening}$.

Radi utvrđivanja posebnih uslova korišćenja prostora, kao i specifičnosti izvora buke, osim osnovnih indikatora buke se koriste i dodatni (posebni) indikatori buke i s njima povezane granične vrednosti, kao što je to na primer u sledećim slučajevima [3]:

- kada posmatrani izvor buke radi samo kratko vreme (npr. manje od 20 % vremena od ukupnih dnevnih perioda jedne godine, ukupnih večernjih perioda jedne godine ili ukupnih noćnih perioda jedne godine),
- kada je prosečan broj događaja buke u jednom ili više perioda vrlo mali (npr. manje od jednog bučnog događaja na sat), pri čemu je događaj definisan kao buka trajanja kraćeg od pet minuta (npr. buka od prolaska voza ili preleta aviona),

- kada se radi o buci koja sadrži istaknutu niskofrekvencijsku komponentu,
- kada veličine poput L_{Amax} ili nivoa izloženosti zvuku L_{AE} (SEL) mogu da pruže efikasnu zaštitu od istaknutih pojedinačnih vršnih vrednosti nivoa buke tokom noćnog perioda,
- kada je potrebna posebna zaštita od buke vikendom ili u određenim delovima godine,
- kada je potrebna posebna zaštita u dnevnom razdoblju,
- kada je potrebna posebna zaštita u večernjem razdoblju,
- kada se ocenjuje ukupna buka iz različitih izvora,
- kada se radi o tihim područjima u prirodi,
- kada se radi o buci koja sadrži istaknute tonove,
- kada se radi o buci koja sadrži impulse.

Propisi Republike Srbije [4] u smislu bližeg definisanja i upotrebe uspostavljenih indikatora buke u životnoj sredini, predviđaju sledeće:

- za potrebe monitoringa buke i pojedinačnih merenja buke mogu se koristiti dodatni indikatori buke kao što su:
 1. merodavni nivo buke L_{RAeqT} i
 2. nivo izloženosti buci L_{AE} .
- Period od 24 časa se deli na tri referentna vremenska intervala:
 1. *Dan*, traje 12 časova (od 6 do 18 časova);
 2. *Veče*, traje 4 časa (od 18 do 22 časa);
 3. *Noć*, traje 8 časova (od 22 do 6 časova).

Godišnji indikator ukupne buke L_{den} , koji opisuje ometanje bukom za vremenski period od godinu dana, definiše se sledećom jednačinom [3]:

$$L_{den} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \right] \text{ [dB]} \quad (1)$$

gde je:

- L_{day} - A-frekvencijski ponderisani dugotrajni prosečni nivo zvuka za sve dnevne periode u toku jedne godine;
- $L_{evening}$ - A-frekvencijski ponderisani dugotrajni prosečni nivo zvuka za sve večernje periode u toku jedne godine;
- L_{night} - A-frekvencijski ponderisani dugotrajni prosečni nivo zvuka za sve noćne periode u toku jedne godine.

Primena navedenih vrednosti korekcija za različita doba dana je propisana važećim propisima [3] kao posledica različite reakcije ljudi na buku u specifičnim vremenskim periodima tokom dana ili nedelje. Uzimajući u obzir da se veći broj ljudi za dane vikenda nalazi kod kuće, odlukom nadležnih organa se može primeniti i odgovarajuća korekcija ekvivalentnih nivoa buke za dnevne periode dana vikenda kako bi se omogućio njihov kvalitetniji odmor i oporavak.

A-frekvencijski ponderisani dugotrajni prosečni nivoi zvuka za pojedine referentne periode u toku jedne godine iz jednačine (1) određuju se prema sledećim jednačinama:

$$L_{day} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{day,i}}{10}} \right] \text{ [dB]} \quad (2)$$

$$L_{evening} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{evening,i}}{10}} \right] \text{ [dB]} \quad (3)$$

$$L_{night} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{night,i}}{10}} \right] \text{ [dB]} \quad (4)$$

gde je:

- i - redni broj nekog dana u godini ($i = 1 \div 365$);
- N - ukupan broj dana u godini (365);

U prethodnim izrazima se termin *godina* odnosi na relevantnu godinu u pogledu emisije zvuka i prosečnu godinu u pogledu meteoroloških uslova.

Visina tačke u kojoj se određuju L_{den} i L_{night} zavisi od primene [3]:

1. Kada se radi o proračunima za strateške karte buke, a treba odrediti izloženost zgrade buci, visina tačke je $4,0 \pm 0,2$ m (od 3,8 do 4,2 m) iznad tla, na najizloženijem delu fasade, a to je spoljni zid okrenut prema posmatranom zvučnom izvoru;
2. Kada se buka meri za potrebe izrade strateških karata buke, a treba odrediti izloženost zgrade buci, mogu se odabrati i druge visine ali ne manje od 1,5 m iznad tla;
3. Za potrebe akustičkog planiranja ili akustičkog zoniranja prostora se mogu odabrati i druge visine ali ne niže od 1,5 m iznad tla, na primer:
 - kod seoskih područja sa jednospratnim kućama,
 - kod planiranja lokalnih mera zaštite od buke za određene stanove,
 - pri izradi detaljnih karata buke u manjim, ograničenim zonama, kada treba prikazati izloženost pojedinačnih stanova buci.

3. ODREĐIVANJE INDIKATORA BUKE – MERNE STRATEGIJE

Vrednosti osnovnih indikatora buke se mogu određivati procenjivanjem ili merenjem. Za procenjivanje (predviđanje) buke se koristi isključivo proračun. Do početka primene opštih metoda za procenu buke 2019. godine (CNOSSOS-EU), za određivanje vrednosti osnovnih indikatora buke se koriste privremene nacionalne metode. U slučaju da one nisu razvijene, Direktivom 2002/49/EC i važećim propisima Republike Srbije [4], za tu svrhu se preporučuje upotreba pojedinih privremenih metoda država članica EU u zavisnosti od vrste izvora buke.

Određivanje vrednosti osnovnih indikatora buke na osnovu merenja se u Republici Srbiji vrši u skladu sa standardima SRPS ISO 1996-1 [5] i SRPS ISO 1996-2 [6].

Aktuelni pristup utvrđivanja stepena zagađenosti životne sredine bukom podrazumeva dve merne strategije za određivanje godišnjih indikatora buke na datoj lokaciji.

Prva strategija predstavlja dugotrajno merenje (*long-term measurement*) ekvivalentnog nivoa buke tokom dovoljno dugog perioda koji bi obuhvatio sve promene u radu izvora buke, kao i sve promene meteoroloških uslova. Imajući u vidu nepredvidivo ponašanje nivoa saobraćajne buke tokom vremena, nemogućnost preciznog utvrđivanja strukture i frekvencije vozila u određenom periodu, kao i povezanost strukture i frekvencije saobraćaja sa meteorološkim uslovima, za vremenski interval dugotrajnog merenja se u svrhu određivanja indikatora buke na datoj lokaciji uzima sa aspekta buke neki bitan deo kalendarske godine, obično jedan mesec, tri meseca, šest meseci, ili u krajnjem slučaju period od jedne kalendarske godine.

Druga strategija predstavlja seriju kratkotrajnih merenja (*short-term measurement*) ekvivalentnog nivoa buke koja se sprovode pod određenim (specifičnim, karakterističnim) radnim režimom izvora buke i meteorološkim uslovima. Utvrđivanje godišnje vrednosti indikatora buke se u tom slučaju vrši primenom relevantne metode predviđanja. Izbor vremenskog intervala kratkotrajnog merenja, kao i broja kratkotrajnih merenja u okviru vremenskog intervala posmatranja od jedne kalendarske godine su od presudnog značaja za utvrđivanje indikatora buke na datoj lokaciji. Vremenski interval merenja za slučaj kratkotrajnih merenja iznosi najmanje 10 min., pri čemu se zbog uzimanja u obzir i promena meteoroloških uslova tokom merenja preporučuje interval od 30 min. Izbor vremenskog intervala kratkotrajnih merenja je aktuelna tema brojnih radova [7], kada se u zavisnosti od broja uticajnih faktora i njihovog doprinosa rezultatima merenja istraživači opredeljuju za različite vremenske intervale.

Rezultati dugotrajnih merenja su svakako precizniji i mogu da se koriste sa manje korekcija u odnosu na rezultate kratkotrajnih merenja.

Dugotrajna merenja ekvivalentnog nivoa buke se mogu realizovati primenom dva koncepta - konceptom permanentnog monitoringa buke ili konceptom polupermanentnog monitoringa buke.

Permanentni monitoring buke predstavlja neprekidno merenje ekvivalentnog nivoa buke na datom, fiksnom mernom mestu i to 24 sata dnevno, 365 dana u godini, za šta se koriste trajno instalirane stanice za monitoring buke. Permanentni monitoring pruža mogućnost realnog uvida u trendove buke na ispitivanoj lokaciji i precizne podatke za kalibraciju strateških karata buke.

Polupermanentni monitoring, obično u neprekidnom trajanju od nekoliko dana do nekoliko nedelja ili meseci, svoju primenu nalazi kako za određivanje godišnjeg indikatora buke, tako i u slučajevima ekonomičnog praćenja trendova buke u životnoj sredini, utvrđivanja poštovanja graničnih vrednosti nivoa buke, informisanja javnosti i ukazivanja na postojeće probleme, podizanja nivoa znanja o odnosu doze izloženosti

buci stanovništva i pratećim posledicama, kao i kalibracije karata buke. Za potrebe polupermanentnog monitoringa se koriste stanice za monitoring buke koje se brzo i jednostavno premeštaju sa jedne na drugu lokaciju.

Adekvatni vremenski intervali merenja polupermanentnog monitoringa buke, kao i broj merenja ekvivalentnog nivoa buke na istoj poziciji tokom godine kojima bi se obezbedili reprezentativni podaci za procenu godišnjih indikatora buke nisu definisani standardima koji se odnose na datu materiju. Istraživačima je na taj način prepušteno da trajanje polupermanentnih merenja određuju na osnovu eksperimentalnih studija, uzimajući pritom u obzir različite režime rada izvora buke, npr. strukturu i frekvenciju saobraćaja u slučaju ispitivanja drumskog saobraćaja, tako da izabrani vremenski interval merenja bude reprezentativan u smislu kasnijih potreba za minimalnim korekcijama. Ukoliko se uslovi prostiranja ili emisije buke bitno razlikuju tokom različitih godišnjih doba, npr. zbog korišćenja zimskih pneumatika na vozilima ili postojanja snežnog pokrivača na kolovozu tokom zimskog perioda, istraživač u cilju dobijanja preciznijih podataka procenjuje izborom dinamičkog plana potrebu merenja u različitim godišnjim dobima, birajući vremenske intervale merenja tako da njima bude obuhvaćeno što više različitih meteoroloških uslova.

4. MONITORING BUKE U REPUBLICI SRBIJI

Monitoring buke u životnoj sredini se u urbanim područjima obično sprovodi pomoću malog broja relativno skupih profesionalnih analizatora zvuka velike preciznosti. Zahvaljujući razvoju mikro-elektromehaničkih sistema, danas su u upotrebi i drugi sistemi koji sa manjom ili većom preciznošću zadovoljavaju postavljene zadatke. Tako se na primer u više studija ističe mogućnost monitoringa buke u životnoj sredini primenom bežičnih (wireless) mreža senzora [8], a pojedini autori za tu svrhu sugerišu i mogućnost primene pametnih telefona (smartphones) [9].

Monitoring buke u životnoj sredini se na osnovu Zakona o zaštiti od buke u životnoj sredini i pratećih propisa sprovodi u Srbiji na teritoriji nekoliko gradova. Iako su ovi propisi u skladu sa nacionalnim standardima [5,6], metodologija monitoringa buke se u različitim gradovima bitno razlikuje, pre svega po pitanju broja i u vezi sa tim načina izbora mernih mesta, zatim po broju merenja u toku referentnih perioda merenja (dan, veče, noć) koji definišu dinamiku monitoringa, po vremenskim intervalima merenja, kao i po mernim parametrima i indikatorima buke koji se koriste za evaluaciju buke [10].

Primena različitih procedura merenja je posledica više faktora koji se ogledaju u specifičnostima pojedinih gradova, kao što su: konfiguracija terena, struktura i vrsta saobraćajnica, struktura i obim saobraćaja, broj i položaj objekata osetljivih na buku, doprinos specifičnih izvora buke opštem stanju nivoa buke itd.

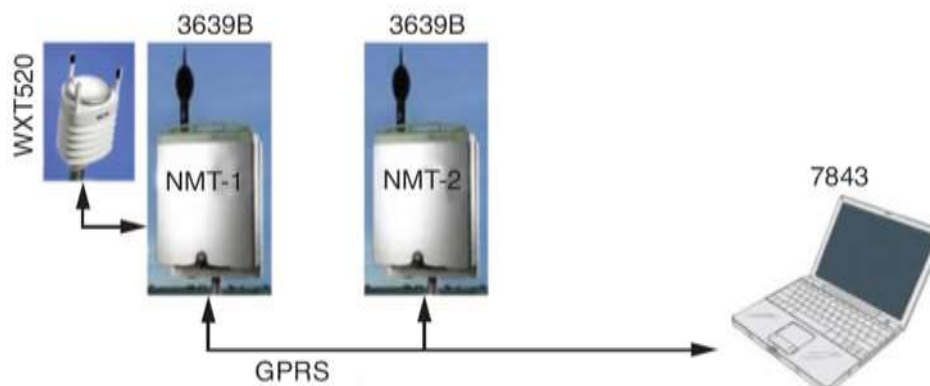
Dosadašnja praksa monitoringa buke u gradovima Srbije obično podrazumeva strategiju kratkotrajnih merenja ekvivalentnog nivoa buke sa 15-minutnim vremenskim intervalima merenja tokom kojih se evidentiraju podaci o strukturi i obimu saobraćaja [10]. Vremenski interval merenja je u pojedinim slučajevima povećan na jedan sat. U poslednje vreme se u pojedinim gradovima (Novi Sad, Beograd i Pančevo) realizuje monitoring buke po metodologiji koja podrazumeva seriju kratkotrajnih merenja sa 24-časovnim vremenskim intervalom merenja. Strategija dugotrajnih polupermanentnih i permanentnih merenja buke u cilju monitoringa buke u životnoj sredini je na području Srbije za sada prisutna u ograničenom obimu i u obliku probnih projekata na teritoriji Niša [11] i Novog Sada [12].

Monitoring nivoa buke drumskog saobraćaja na teritoriji grada Niša se sprovodi na mesečnoj osnovi od 1995. godine do danas. Metodologija monitoringa je definisana "Programima praćenja nivoa komunalne buke na teritoriji grada Niša" i koncipirana na seriji kratkotrajnih merenja u okviru referentnih vremenskih intervala, pri čemu je dnevni interval merenja (od 06 do 18 časova) podeljen na dva perioda (od 09 do 12 i od 13 do 16 časova), večernji interval merenja obuhvata jedan period (od 18 do 22 časa), dok je noćni interval merenja podeljen takođe na dva perioda (od 22 do 01 i od 02 do 05 časova). U okviru svakog od četiri tromesečna ciklusa merenja se na mesečnom nivou vrši 15-minutno merenje parametara buke u navedenim periodima na svakom mernom mestu. Mesečne vrednosti indikatora buke se izračunavaju na osnovu rezultata tako definisanih pet kratkotrajnih merenja i prikazuju u mesečnom izveštaju o stanju nivoa buke na izabranim lokacijama [13]. Procena godišnje vrednosti indikatora buke na pojedinim mernim mestima se vrši na osnovu četiri mesečne vrednosti indikatora buke koje su dobijene za po jedan mesec u svakom od godišnjih doba.

5. RAZVOJ STRATEGIJE DUGOTRAJNOG MONITORINGA BUKE NA TERITORIJI GRADA NIŠA

5.1. Merna oprema

Fakultet zaštite na radu u Nišu raspolaže od 2013. godine Sistemom za upravljanje bukom u životnoj sredini (Environmental Noise Management System - ENMS) danskog proizvođača Brüel&Kjær, namenjenim za potrebe dugotrajnog monitoringa buke u životnoj sredini. Osnovne elemente Sistema čine upravljački softver tipa 7843 i dve terminala za monitoring buke (Noise Monitoring Terminal - NMT) tipa 3639-B-203 (slika 1). Sistem je radi praćenja meteoroloških uslova tokom merenja dodatno opremljen i meteorološkom stanicom finskog proizvođača Vaisala, tip WXT 520, namenjenom za merenje temperature i relativne vlažnosti vazduha, atmosferskog pritiska, brzine i pravca duvanja vetra, kao i merenje količine padavina.



Slika 1. Sistem za upravljanje bukom u životnoj sredini – ENMS

Sistem za upravljanje bukom u životnoj sredini sadrži server sa profesionalnom bazom podataka Microsoft SQL kao centralnom komponentom servera i računar (radnu stanicu) koji je namenjen prijemu informacija i aplikacija sa servera [14]. Server obezbeđuje skladištenje i čuvanje osnovnih podataka o parametrima buke i vremenskim uslovima koje preuzima sa dve stanice za monitoring buke.

Centralni deo Sistema čini softver tipa 7843 koji sa stanicama za monitoring buke ostvaruje komunikaciju u realnom vremenu i obezbeđuje kontinuirano skladištenje podataka u obe stanice i centralnu bazu Sistema. Softver omogućuje preuzimanje, pretraživanje i pronalaženje podataka o parametrima buke sa servera, njihovu analizu, izradu izveštaja, kao i preuzimanje podataka o meteorološkim uslovima i lokaciji stanica.

Sistem standardno generiše 15-minutne vrednosti L_{Aeq} na osnovu uzorkovanih vrednosti L_{Aeq} sa dinamikom uzorkovanja 0.5 s, kao i četiri periodična izveštaja:

1. jednočasovni na osnovu uzorkovanih vrednosti L_{eq} sa dinamikom uzorkovanja 0.5 s,
2. dnevni na osnovu izračunatih jednočasovnih vrednosti indikatora buke,
3. mesečni na osnovu izračunatih dnevnih vrednosti indikatora buke,
4. godišnji na osnovu mesečnih vrednosti indikatora buke.

Takođe, sistem omogućava definisanje i kreiranje 12 dodatnih periodičnih izveštaja. Za potrebe predmetnog istraživanja su pored podrazumevanih izveštaja definisani i sledeći dodatni periodični izveštaji u okviru vremenskih intervala merenja:

1. izveštaj za period od ponedeljka do petka (radni dani),
2. izveštaj za period koji obuhvata subotu i nedelju (vikend), i
3. izveštaj za period od ponedeljka do nedelje (cela nedelja).

Terminali za monitoring buke tipa 3639-B (Slika 2) su samokalibrišući, prilagođeni za daljinsko merenje buke u životnoj sredini bez nadzora [15]. Kao deo Sistema, služe za merenje parametara buke, zapis, obradu, skladištenje i prenos podataka. Osnovni elementi terminala su vodootporno kućište (kabinet) unutar koga se nalaze analizator zvuka, akumulatorska baterija i GPRS ruter, GPS prijemnik i spoljašnji mikrofonski sistem. Monitoring i analiza buke se vrše analizatorom zvuka tipa 2250 koji merne podatke dobija sa spolja postavljenog mikrofona i iste zapisuje na memorijsku ploču, uključujući ekvivalentne nivoe buke (L_{Aeq}) ili nivoe zvučnog pritiska (SPL) po tercama i za čitav frekvencijski opseg u kome se vrši merenje, kontinualno u intervalu od pola ili jedne sekunde. Pomoću analizatora zvuka je takođe moguća identifikacija, zapis i kasnija analiza naročito bučnih događaja koji po nivoima odstupaju od uobičajenih dešavanja za dato merno mesto.



Slika 2. Terminal za monitoring buke montiran na zasebnom stubu (levo), lokacija terminala (desno)

Sistem za upravljanje bukom u životnoj sredini pored primarne funkcije prikupljanja i skladištenja mernih podataka raspolaže i mogućnošću analize raspoloživih podataka iz baze i izrade različitih periodičnih izveštaja tokom trajanja merenja, obično jednočasovnih ili 15-minutnih, zatim izveštaja o proveru kalibracije mernog sistema, izveštaja o naročito bučnim događajima, kao i izveštaja o tehničkoj ispravnosti i funkcionisanju mernih uređaja za svaku od stanica.

5.2. Merna mesta

Procedura dugotrajnog monitoringa buke je do trenutka pisanja ovog rada realizovana na 8 mernih lokacija. Postoje različite metode za izbor mernih lokacija [16]. Merne lokacije su izabrane u skladu sa gustinom stanovništva i lokacijom stambenih objekata, karakteristikama namene prostora i funkcijom i strukturom susednih saobraćajnica. Raspored mernih lokacija je prikazan na slici 3. Osnovni podaci o mernim lokacijama su dati u tabeli 1.



Slika 3. Raspored mernih lokacija

Tabela 1. Podaci o mernim lokacijama

<p>NMT1.1: Raskrsnica ulice Kneginje Ljubice i ulice Generala Milojka Lešjanina Geografska širina: 43° 19' 12.8" Geografska dužina: 21° 53' 27.6" Nadmorska visina: 195.3 m Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: stub za rasvetu Interval monitoringa: dve godine</p>	<p>NMT1.2: Raskrsnica ulice Kralja Stefana Prvovečanog I ulice Vožda Karađorđa Geografska širina: 43° 19' 14" Geografska dužina: 21° 54' 01" Nadmorska visina: 197 m Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: stub za rasvetu Interval monitoringa: osamnaest meseci</p>
---	--

<p>NMT2.1: Osnovna škola “Vožd Karađorđe” pored ulice Vožda Karađorđa Geografska širina: 43° 19' 13" Geografska dužina: 21° 54' 13.2" Nadmorska visina: 196.8 Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: stub za rasvetu Interval monitoringa: šest meseci</p>	<p>NMT2.2: Medicinski fakultet blizu ulice Dr Zorana Đinđića Geografska širina: 43° 19' 12" Geografska dužina: 21° 53' 27" Nadmorska visina: 197.1 Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: sopstveni stub Interval monitoringa: devet meseci</p>
<p>NMT2.3: Stambeni objekat pored Knjaževačke ulice Geografska širina: 43° 19' 46" Geografska dužina: 21° 55' 58" Nadmorska visina: 212 Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: fasada Interval monitoringa: tri meseca</p>	<p>NMT2.4: Poslovni objekat pored železničke pruge Niš-Sofia-Niš Geografska širina: 43° 18' 46" Geografska dužina: 21° 53' 36" Nadmorska visina: 205 Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: fasada Interval monitoringa: šest meseci</p>
<p>NMT2.5: Obdanište “Bamby” pored ulice Bulevar Nemanjića Geografska širina: 43° 19' 26" Geografska dužina: 21° 54' 31" Nadmorska visina: 196 Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: stub za rasvetu Interval monitoringa: šest meseci</p>	<p>NMT2.6: Zgrada opštine Crveni krst pored ulice 12. februar Geografska širina: 43° 20' 2.7" Geografska dužina: 21° 52' 51.9" Nadmorska visina: 206 Visina mikrofona: 4 m Način montiranja: stub za rasvetu Interval monitoringa: godinu dana</p>

6. REZULTATI DUGOTRAJNOG MONITORINGA BUKE NA TERITORIJI GRADA NIŠA

Dnevne vrednosti indikatora buke za sve merne lokacije sa 24-časovnim profilima buke prikazani su u aplikaciji “Kontinuirani monitoring buke” na linku <http://www.znrfak.ni.ac.rs/BVLab-KMB/KMB-Home.html>. Pored toga u aplikaciji je dat opis mernih lokacija, kao i mesečni izveštaji uraženi za potrebe Gradske uprave Grada Niša u realizaciji Programa praćenja stanja komunalne buke na teritoriji grada Niša.

Mesečne vrednosti indikatora buke, određene na osnovu dnevnih vrednosti indikatora buke, za sve lokacije kao i rezultati statističke analize (energetska srednja vrednost, standardno odstupanje i maksimalno odstupanje pojedinačnih vrednosti) su prikazani u tabelama 2 – 11. U tabelama su boldirane mesečne vrednosti indikatora buke gde su zabeležena maksimalna odstupanja od srednjih vrednosti. Energetski srednje vrednosti indikatora buke za interval dugotrajnog merenja su prikazani na slici 4.

Grafički prikaz promena mesečnih vrednosti za merne lokacije gde je interval monitoringa bio godinu dana i više dat je na slikama 5, 6 i 7.



Slika 4. Vrednosti $L_{day}/L_{evening}/L_{night}/L_{den}$ u dB

Tabela 2. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT1.1 za 2014. godinu

	L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}	L_{den}	$L_{eq,total}$
Januar 2014	73.1	71.9	67.9	75.9	71.7
Februar 2014	73.1	71.9	67.7	75.8	71.7
Mart 2014	73.3	72.1	67.9	76.0	71.9
April 2014	73.4	72.4	68.3	76.3	72.0
Maj 2014	73.3	72.3	68.1	76.2	71.9
Jun 2014	73.0	72.0	68.1	76.0	71.7
Jul 2014	72.8	72.2	67.8	75.8	71.5
Avgust 2014	72.7	71.9	68.2	76.0	71.5
Septembar 2014	73.1	72.0	67.9	75.9	71.7
Oktobar 2014	73.2	72.1	68.0	76.0	71.9
Novembar 2014	73.0	72.0	67.6	75.7	71.6
Decembar 2014	73.3	72.4	68.2	76.2	72.0
srednja vrednost	73.1	72.1	68.0	76.0	71.8
stand. odstupanje	0.20	0.17	0.22	0.17	0.18
maks. odstupanje	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3

Tabela 4. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT2.1

	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Januar 2014	70.3	69.9	67.4	74.7	69.4
Februar 2014	70.2	69.7	66.7	74.1	69.2
Mart 2014	70.6	69.8	66.7	74.2	69.5
April 2014	70.5	70.2	67.2	74.6	69.6
Maj 2014	70.6	70.3	66.8	74.4	69.6
Jun 2014	70.1	69.7	66.6	74.0	69.1
srednja vrednost	70.4	69.9	66.9	74.3	69.4
stand. odstupanje	0.19	0.26	0.35	0.26	0.18
maks. odstupanje	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3

Tabela 6. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT2.6

	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Jul 2016	67.9	67.5	63.9	71.5	66.9
Avgust 2016	68.2	67.9	64.1	71.8	67.1
Septembar 2016	68.7	69.6	64.0	72.3	67.8
Oktobar 2016	69.4	68.5	64.4	72.4	68.1
Novembar 2016	69.3	68.3	64.2	72.2	68.0
Decembar 2016	69.3	68.8	64.5	72.5	68.1
Januar 2017	70.5	66.2	62.7	70.5	66.2
Februar 2017	68.5	67.3	63.5	71.4	67.1
Mart 2017	68.4	67.5	63.4	71.4	67.1
April 2017	68.5	68.0	63.5	71.6	67.3
Maj 2017	68.2	68.2	63.7	71.6	67.1
Jun 2017	67.8	67.2	63.7	71.4	66.7
srednja vrednost	68.7	67.9	63.8	71.7	67.3
stand. odstupanje	0.74	0.84	0.48	0.54	0.57
maks. odstupanje	1.8	1.7	1.1	1.2	1.1

Tabela 8. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT1.2 u 2016

	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Januar 2016	69.4	69.3	65.8	73.4	68.5
Februar 2016	69.2	68.5	64.8	72.6	68.1
Mart 2016	69.4	69.0	65.0	72.8	68.3
April 2016	69.0	68.7	64.7	72.5	67.9
Maj 2016	69.2	69.4	65.6	73.2	68.3
Jun 2016	69.0	69.1	64.9	72.7	68.0
Jul 2016	68.8	68.7	65.4	72.9	67.9
Avgust 2016	68.8	69.1	67.4	74.2	68.5
Septembar 2016	69.5	70.1	65.5	73.3	68.6
Oktobar 2016	69.8	69.4	65.8	73.4	68.7
Novembar 2016	70.0	69.7	65.5	73.4	68.9
Decembar 2016	70.1	69.6	65.4	73.3	68.9
srednja vrednost	69.4	69.2	65.5	73.1	68.4
stand. odstupanje	0.42	0.44	0.68	0.45	0.34
maks. odstupanje	0.8	0.9	1.9	1.1	0.5

Tabela 3. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT1.1 za 2015. godinu

	L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}	L_{den}	$L_{eq,total}$
Januar 2015	72.8	71.4	68.5	76.0	71.5
Februar 2015	72.8	71.8	67.4	75.5	71.4
Mart 2015	73.2	72.1	67.8	75.9	71.8
April 2015	72.7	71.6	67.3	75.4	71.3
Maj 2015	72.5	71.4	67.3	75.3	71.2
Jun 2015	72.5	71.7	68.0	75.8	71.3
Jul 2015	72.1	71.3	67.5	75.3	70.9
Avgust 2015	72.1	71.3	67.7	75.4	70.9
Septembar 2015	72.6	71.5	67.4	75.4	71.3
Oktobar 2015	73.1	72.0	67.8	75.9	71.7
Novembar 2015	72.9	71.6	67.7	75.7	71.5
Decembar 2015	73.0	72.0	69.3	76.7	71.9
srednja vrednost	72.7	71.6	67.8	75.7	71.4
stand. odstupanje	0.35	0.28	0.58	0.41	0.31
maks. odstupanje	0.6	0.4	1.5	1.0	0.5

Tabela 5. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT2.4

	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Jul 2015	62.9	62.2	60.4	67.4	62.1
Avgust 2015	62.1	61.4	59.8	66.8	61.3
Septembar 2015	63.0	61.8	58.8	66.4	61.8
Oktobar 2015	63.7	61.9	59.2	66.8	62.3
Novembar 2015	63.6	61.2	59.8	67.0	62.3
Decembar 2015	63.8	62.4	60.6	67.7	62.7
srednja vrednost	63.2	61.8	59.8	67.0	62.1
stand. odstupanje	0.65	0.46	0.69	0.47	0.48
maks. odstupanje	1.1	0.6	1.0	0.7	0.8

Tabela 7. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT2.5

	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Januar 2016	65.5	64.3	59.8	68.8	64.2
Februar 2016	65.5	64.8	59.3	68.2	64.4
Mart 2016	65.7	64.7	59.4	68.0	64.2
April 2016	65.0	64.5	59.4	67.6	63.6
Maj 2016	65.2	65.1	59.6	68.0	64.0
Jun 2016	64.6	64.9	59.4	67.8	63.5
srednja vrednost	65.3	64.7	59.5	68.1	64.0
stand. odstupanje	0.40	0.29	0.18	0.41	0.36
maks. odstupanje	0.7	0.4	0.3	0.7	0.5

Tabela 9. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT1.2 u 2017

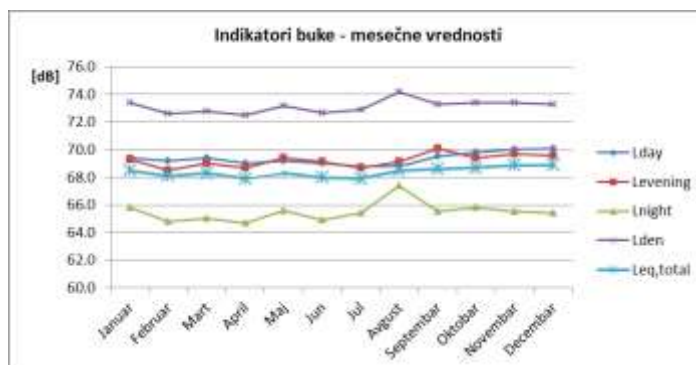
	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Januar 2017	68.4	67.6	64.6	72.1	67.3
Februar 2017	69.1	68.4	65.3	72.8	68.0
Mart 2017	69.8	68.9	64.8	72.8	68.5
April 2017	69.3	70.1	65.1	73.1	68.5
Maj 2017	69.2	69.7	66.0	73.5	68.5
Jun 2017	68.8	69.1	65.5	73.0	68.0
srednja vrednost	69.1	69.0	65.2	72.9	68.1
stand. odstupanje	0.43	0.82	0.46	0.42	0.43
maks. odstupanje	0.7	1.4	0.8	0.8	0.8

Tabela 10. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT2.2

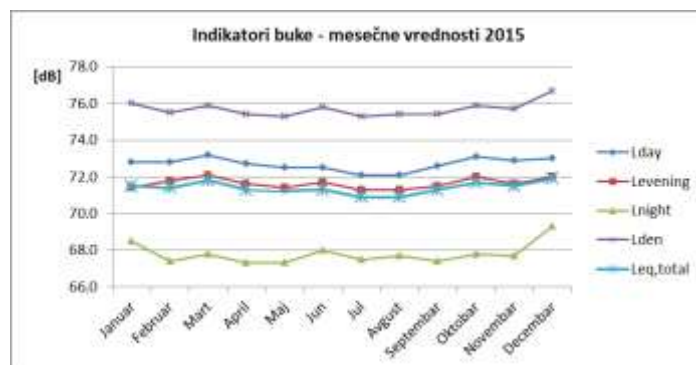
	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
Jul 2014	63.5	63.0	57.6	66.1	62.2
Avgust 2014	62.2	62.0	57.5	65.5	61.1
Septembar 2014	63.1	62.5	57.9	66.0	61.8
Oktobar 2014	63.4	62.8	57.9	66.2	62.1
Novembar 2014	63.3	62.8	57.9	66.2	62.1
Decembar 2014	63.7	63.0	58.2	66.5	62.4
Januar 2015	62.8	61.7	57.4	65.5	61.4
Februar 2015	63.1	62.7	57.9	66.1	61.8
Mart 2015	63.6	63.0	58.3	66.5	62.3
srednja vrednost	63.2	62.6	57.8	66.1	61.9
stand. odstupanje	0.46	0.47	0.30	0.36	0.43
maks. odstupanje	1.0	1.0	0.4	0.6	0.8

Tabela 11. Mesečne vrednosti indikatora buke u dB za NMT2.3

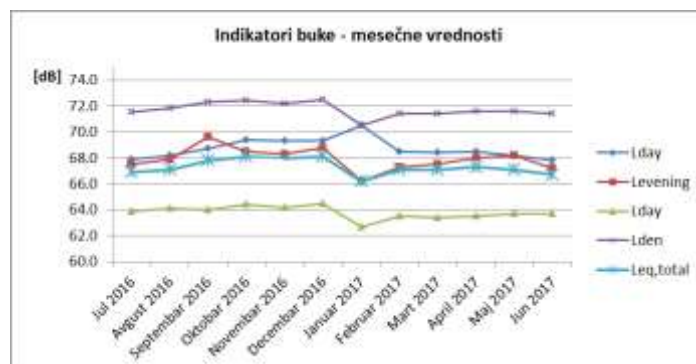
	L_d	L_e	L_n	L_{den}	$L_{eq,total}$
April 2015	62.6	61.9	57.2	65.4	61.2
Maj 2015	62.0	61.3	56.8	64.9	60.7
Jun 2015	62.1	61.5	56.9	65.0	60.8
srednja vrednost	62.2	61.6	57.0	65.1	60.9
stand. odstupanje	0.32	0.31	0.21	0.26	0.26
maks. odstupanje	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3



Slika 5. Promene mesečnih vrednosti indikatora buke u 2016. godini za mernu lokaciju NMT1.2



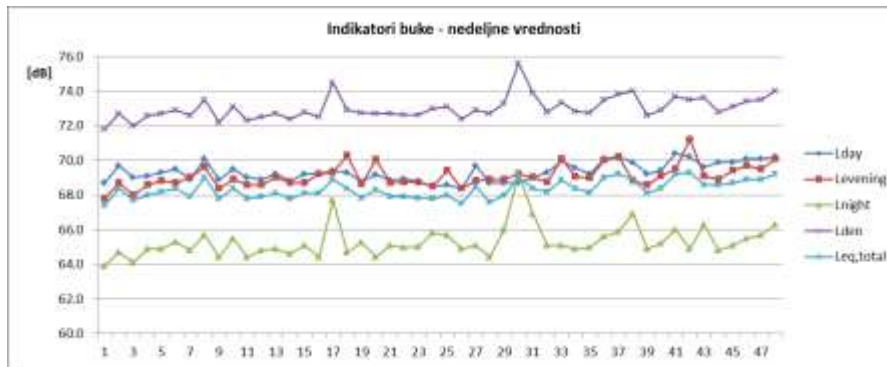
Slika 6. Promene mesečnih vrednosti indikatora buke u 2016. godini za mernu lokaciju NMT1.1



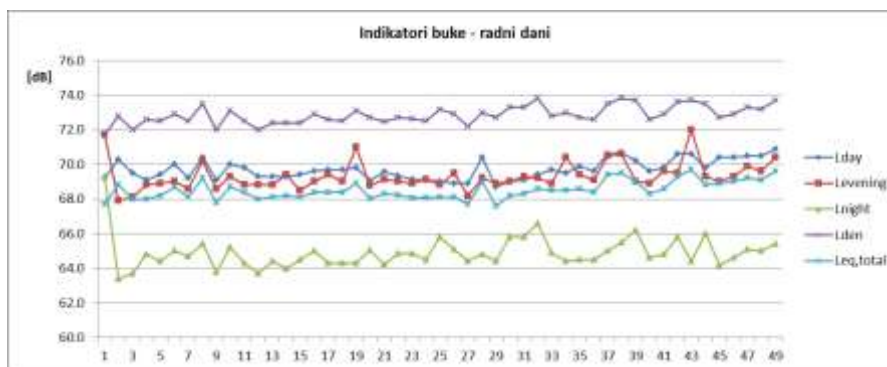
Slika 7. Promene mesečnih vrednosti indikatora buke u 2016/2017. godini za mernu lokaciju NMT2.6

Pored standardnih mesečnih izveštaja definisani su i kraći izveštajni periodi: izveštaj za period od ponedeljka do petka (radni dani), izveštaj za period koji obuhvata subotu i nedelju (vikend), i izveštaj za period od ponedeljka do nedelje (cela nedelja).

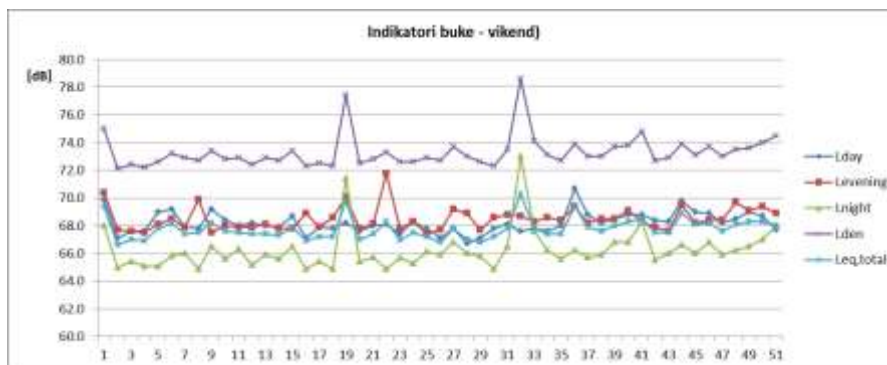
Na slikama 9, 10 i 11 radi ilustracije prikazane su promene nedeljnih, petodnevni i vikend vrednosti indikatora buke u toku 2016. godine za mernu lokaciju NMT1.2.



Slika 8. Promene nedeljnih vrednosti indikatora buke u 2016. godini za mernu lokaciju NMT1.2



Slika 9. Promene petodnevni vrednosti indikatora buke u 2016. godini za mernu lokaciju NMT1.2



Slika 10. Promene vikend vrednosti indikatora buke u 2016. godini za mernu lokaciju NMT1.2

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata dugotrajnog monitoringa buke na osam mernih lokacija na teritoriji grada Niša sa različitim karakteristikama izvora buke može se zaključiti da rezultati dugotrajnog monitoringa buke u toku jednog meseca daju veoma pouzdane i ponovljive rezultate. Maksimalna odstupanja su uglavnom manja od 1 dB što je vrednost koja je određena kao merna nesigurnost samog instrumenta.

Izuzetak čine samo neka merenja sprovedena u toku decembra i januara meseca kada se zbog proslave novogodišnjih praznika javljaju značajnije veće vrednosti u noćnom periodu na lokaciji NMT1.1 i NMT1.2 koje se nalaze veoma blizu prostora gde se organizuju proslave novogodišnjih praznika.

U januaru mesecu i mesecima kada se obeležavaju državni praznici (1. maj, uskrs i slično) javljaju se nešto niže vrednosti indikatora buke na ostalim lokacijama zbog manje intenzivnog saobraćaja.

Na mernoj lokaciji NMT1.2 u avgustu su zabeležene veće vrednosti indikatora buke za veće kao posledica obeležavanja osvajanja zlatne olimpijske medalje vaterpolista.

Dakle, mesečne vrednosti indikatora buke u mesecima kada nema državnih praznika i nema neuobičajenih događaja mogu se pouzdano koristiti za ocenu godišnjih indikatora buke sa inženjerskim stepenom tačnosti.

Nedeljne i petodnevne vrednosti (radni dani) imaju nešto veća odstupanja ali se i te vrednosti mogu sasvim pouzdano koristiti u indikativne svrhe stanja nivoa buke na određenoj lokaciji.

Vikend vrednosti indikatora buke su očekivano znatno niže od ostalih tako da, osim za ocenu stanja nivoa buke vikendom, nisu upotrebljivi za ocenu godišnjih vrednosti indikatora buke.

Zahvale

Rad je deo projekta "Razvoj metodologije i sredstava za zaštitu od buke u urbanim područjima" (Br. TR-037020) i "Poboljšanje monitoring sistema i ocena dugotrajne izloženosti stanovništva supstancama u životnoj sredini korišćenjem neuro mreža" (Br. III-43014). Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finansijskog podršci istraživanjima sprovedenim za potrebe ovog rada.

Literatura

- [1] Berglund B., Lindvall T., Schwela H.D. 1999. *Guidelines for Community Noise*. World Health Organization (WHO) document, London. 161 p.
- [2] Licitra G. 2012. *Noise mapping in EU: Models and Procedures*. CRC Press, USA. 442 p.
- [3] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and the Council relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities, L 189, 45, (online) available at: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0049>, 2002
- [4] Službeni glasnik RS br. 75/10.2010: „Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini”, Srbija, 2010
- [5] SRPS ISO 1996-1:2010: „Akustika – Opisivanje, merenje i ocenjivanje buke u životnoj sredini – Deo 1: Osnovne veličine i procedure ocenjivanja”, Institut za standardizaciju Srbije, 2010
- [6] SRPS ISO 1996-2:2010: „Akustika – Opisivanje, merenje i ocenjivanje buke u životnoj sredini – Deo 2: Određivanje nivoa buke u životnoj sredini”, Institut za standardizaciju Srbije, 2010
- [7] Abbaspour M., Golmohammadi R., Nassiri P., Mahjub H. 2006. An investigation on time-interval optimisation of traffic noise measurement, Research note, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 25(4): 267–273.
- [8] Bhusari P., Asutkar G.M. 2013. Design of noise pollution monitoring system using wireless sensor network”, *International Journal of Software and Web Sciences* 13(220): 55–57.
- [9] Podor A., Revesz A. (2014). Noise map: professional versus crowdsourced data. *International Conference on Geographic Information Science*.
- [10] Pljakić M., Radičević B., Tomić J., Petrović Z. (2012). Analysis of systematic measurements of noise in cities. 23rd Conference with International Conference “Noise and Vibration”, 59–62.
- [11] Mihajlov D., Prašćević M. 2015. Permanent and Semi-permanent Road Traffic Noise Monitoring in the City of Nis (Serbia), *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 34(3): 251-268.
- [12] Milošević S., Bijelović S., Živadinović E., Jevtić M., Popović M. (2010). Continuous environmental noise measurement in the city of Novi Sad in April 2010. 22nd Conference with International Conference “Noise and Vibration”, 49–52.
- [13] Prašćević M., Cvetković D., Mihajlov D. 2014. Measurement and evaluation of the environmental noise levels in the urban areas of the city of Niš (Serbia), *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2): 1157–1165.
- [14] Technical documentation – Environmental Noise Management System Software Type 7843, version 2.8.1, Bruel&Kjaer, BE 1767-15, 2010.
- [15] Technical documentation – Noise Monitoring terminal Types 3639-A, 3639-B and 3639-C with Hand-held Analyzer Type 2250-N or Hand-held Analyzer Type 2250-N-D00, version 4.1.1, Bruel&Kjaer, BE 1818-17, 2013.

ЗАШТИТА НАСЕЉА ЦРНОКЛИШТЕ ОД УТИЦАЈА БУКЕ СА АУТОПУТА Е-80

Александар Гајицки¹

¹Саобраћајни институт ЦИП

Резиме: Изградња и пуштање у саобраћај аутопута Е-80 на деоници од Чифлика до Станичења утицаће на повећање нивоа буке и узнемиравање људи који живе у насељу Црноклиште. Да би се смањило негативан утицај буке на становништво неопходно је израчунати нивое буке у перспективи кроз мапирање буке и на основу добијених резултата предложити мере заштите. У раду су приказане процедуре за развој акустичко-симулационог модела за друмски саобраћај, прорачун индикатора буке, израда карата буке, оптимизација конструкција за заштиту од буке и предлог мера заштите од буке коришћењем софтверског пакета "Predictor-LimA Type 7810".

Кључне речи: аутопут, бука, симулација, мере заштите од буке, конструкција за заштиту од буке.

PROTECTION OF SETTLEMENT CRNOKLIŠTE FROM E-80 HIGHWAY NOISE

Aleksandar Gajicki¹

¹ Institute of Transportation CIP

Abstract: Construction and opening of the new E-80 highway section from Čiflik to Staničenje will result in increased noise levels and disruption of the population living in Crnoklište settlement. In order to minimize negative effects on the population it is necessary to calculate the future noise levels through noise mapping and propose protection measures in accordance with obtained results. This paper presents a procedure for developing an acoustical-simulation model of road traffic, noise indicators calculation, noise mapping, noise barriers design and optimization and a proposal of a noise abatement measures, using a simulation modeling software package "LimA - Type 7810".

Keywords: highway, noise, simulation, noise abatement, noise barriers.

1. УВОД

Становници насеља Црноклиште изложени су друмској буци са државног пута IА реда број 4 Ниш – Пирот – Димитровград – државна граница са Бугарском (гранични прелаз Градина) и железничкој буци са међународне магистралне пруге Ниш – Димитровград – државна граница (Калотина). Изградњом и пуштањем у саобраћај савременог аутопута на коридору Е–80 доћи ће до повећања обима саобраћаја и брзине кретања возила што ће довести и до повећања нивоа друмске буке.

Да би се смањили негативни утицаји буке на становништво неопходно је да се приликом пројектовања нових и модернизације постојећих друмских саобраћајница изврши процена нивоа буке у перспективи и анализа утицаја. У складу са добијеним резултатима потребно је планирати заштитне мере. Као основна мера заштите разматрају се конструкције за заштиту од буке, а као додатна и/или допунска мера пасивне мере заштите које обухватају бољу звучну изолацију столарије и фасаде објеката у којима живе, бораве и раде људи који су угрожени буком.

Приказ планирања мера заштите од буке у овом раду урађен је на основу измене усвојеног Главног пројекта аутопута Е–80, деоница Чифлик – Станичење, због промене ситуационог положаја паралелног (некомерцијалног) пута у зони насеља Црноклиште. Предметни пут који је ишао кроз насеље, премештен је уз трасу будућег аутопута што је довело до промене зона експропријације.

Акустичко моделовање, прорачун индикатора буке, анализе утицаја и планирање мера заштите од буке урађени су коришћењем софтверског пакета „Predictor-LimA Software Suite - Type 7810“ и немачке методе „RLS 90 - Richtlinien fuer den Laermschutz an Strassen“.

¹Александар Гајицки: agajicki@sicip-trg.com

2. ОСНОВЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ

2.1. Основни подаци о саобраћајници

Траса аутопута на деоници од Чифлика до Станичења се пружа преко постојећег државног пута IА реда број А4 уском, вијугавом речном долином Нишаве, са преовлађујуће стрмим бочним падинама које повремено имају одлике брдовитог рељефа. Равничарски тип рељефа се јавља у непосредној зони речног корита Нишаве и њених притока: Петрове реке, Вранашнице и Темске. Поред реке Нишаве овим коридором доминира и железничка пруга Ниш-Димитровград и локални пут Ниш - Димитровград. Траса аутопута пролази кроз насеља Чифлик, Сињац, Црноклиште и Станичење. Нивелета постојећег магистралног пута прати природни пад корита реке Нишаве који има просечну вредност 0,33%.

Деоница државног пута IА реда број А4 од Чифлика до Станичења је рехабилитована 2006 године и извршена је и санација објекта. Рехабилитација се састојала у уградњи застора од асфалт бетона АБ 11с и горње подлоге од битуминизираниог носећег слоја БНС 22сА. Нагиби нивелете новопроектваног аутопута прате постојеће нагибе на државном путу IА реда број А4 и крећу се од 0,20% до 1,82%.

У оквиру изградње аутопута Е - 80 на деоници од Чифлика до Станичења, предвиђа се превођење постојећег двотрачног државног пута IА реда број А4 у аутопут који се гради у пуном профилу. Пројектом је предвиђено проширење постојећег профила до ширине од 10,70 m на десној коловозној траци. Попречни профил постојећег државног пута IА реда број А4 садржи две саобраћајне траке од по 3,50 m и ивичне траке од 0,25 m, па је потребно проширење до пуног профила ове коловозне траке 3,20 m.

Гранични елементи плана и профила за трасу аутопута подразумевају прорачун минималних и максималних вредности за ситуациони план, подужни профил, попречни профил и прегледност у функцији рачунске брзине деонице $V_p = 120 \text{ km/h}$. Коловозна конструкција је од мастикс асфалта СМА11с.

2.2. Коришћена методологија

За прорачун, генерисање карата буке и планирање мера заштите коришћен је софтверски пакет „Predictor-LimA Software Suite - Type 7810“. Усвојено је да се за прорачун буке друмског саобраћаја користи немачка метода „RLS 90 - Richtlinien fuer den Laermschutz an Strassen“. Метода је у складу са Директивом 2002/49/ЕЗ и Уредбом о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини ("Сл. гласник РС", број 75/10) јер даје резултате који су упоредиви са препорученим методама прорачуна.

Метода за прорачун друмске буке и буке са паркинга „RLS 90“ заснива се на израчунавању величине емисије L_{me} на удаљености од 25 метара од пута на висини од 4 метра изнад тла. Величина емисије L_{me} одређује се на основу карактеристика друмског саобраћаја, као што су брзина кретања возила, њихова расподела по тежини, врста коловозне конструкције са одговарајућим нагибима и повећања енергије која настаје као последица рефлексије у близини пута (једначина 1).

$$L_{me} = L_{25} + C_s + C_{rs} + C_g + C_n \text{ [dB(A)]} \quad (1)$$

где је:

- L_{25} – стандардизован ниво за брзину од 100 km/h за кола и 80 km/h за камионе, коловозну конструкцију од глатког асфалта са нагибом мањим од 5% у условима слободног простирања звука. $L_{25} = 37,5 + 10 \cdot \log[M \cdot (1 + 0,082 \cdot P)] \text{ [dB(A)]}$, M – број возила на сат и P – учешће возила тежих од 2.800 килограма
- C_s – корекција за брзину;
- C_{rs} – корекција за коловозну конструкцију;
- C_g – корекција за нагиб и
- C_n – корекција за вишеструку рефлексију.

2.3. Улазни подаци

За потребе анализе утицаја саобраћајне буке и планирања мера заштите од буке формиран је акустичко-симулациони модел који је обухватио 3Д модел терена, техничке и технолошке карактеристике аутопута и друмских возних средстава, перспективни обим друмског саобраћаја, распоред и намену објеката, итд.

Дигитални модел терена, као и постојеће друмске и железничке саобраћајнице дефинисани су на основу геодетских подлога у размери 1:1000. Локације и намене објеката су добијене из катастарских подлога, док су висине одређене снимањем на терену. Приликом обиласка терена извршена је и провера намене објеката. Насеље Црноклиште је руралног типа са објектима спратности П+0 и П+1.

Подаци о траси новопроектваног аутопута, 3Д моделу коловоза, банкина и шарпи, као и осталим објектима преузети су из Главног пројекта аутопута Е-80 Ниш (Просек) - Димитровград (Граница Бугарске), Деоница 4: Чифлик-Станичење од km 52+727,65 до km 64+800,00. Подаци о паралелном (некомерцијалном) путу преузети су из Главног пројекта паралелног-некомерцијалног пута Бела Паланка - Пирот (Запад), измена пројекта у зони села Црноклиште од km 58+899,93 до km 59+784,32 (59+762,35).

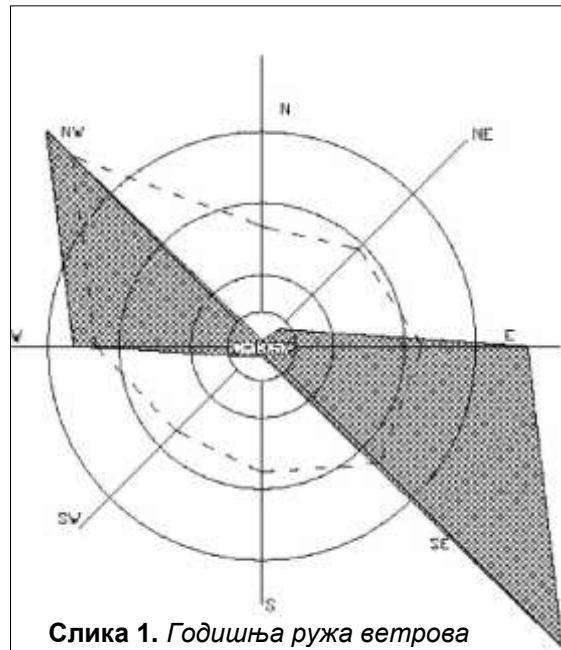
Прогнозирани ПГДС на предметној деоници аутопута износи 11.574 возила са учешћем теретних возила од 34,4%. Максимална дозвољена брзина кретања путничких возила износи 120 km/h, а максимална дозвољена брзина кретања теретних возила 80 km/h. Нагиб саобраћајнице у зони насеља Црноклиште мањи је од 5%.

Просечна годишња температура на подручју насеља Црноклиште износи 11° С, док је просечна годишња влажност 65%. Анализа брзине и смера ветра у виду руже ветрова за посматрано подручје је приказана графички на Слици 1.

Прорачун индикатора буке извршен је на мрежи тачака 10 x 10 метра и висини од 2,25 метара изнад тла. Мерне тачке за одређивање нивоа буке на фасадама стамбених и других објеката осетљивих на буку биле су постављене на 0,5 метара испред њих. Прорачун индикатора буке спроведен је коришћењем првог степена рефлексије, осим за мерне тачке на фасадама за које није разматрана рефлексија од посматраног објекта.

Акустичке симулације и прорачун индикатора буке софтверским пакетом „Predictor-LimA Software Suite - Type 7810“ урађени су са максималном динамичком грешком од 0,5 dB. Приликом планирања и оптимизације конструкција за заштиту од буке динамичка грешка износила је 0,0 dB.

Период дана је дефинисан у временском интервалу од 6⁰⁰ до 18⁰⁰, период вечери од 18⁰⁰ до 22⁰⁰, а период ноћи од 22⁰⁰ до 6⁰⁰.



Слика 1. Годишња ружа ветрова

3. МЕРЕ ЗАШТИТЕ ОД ДРУМСКЕ БУКЕ

Анализа утицаја саобраћајне буке и планирање мера заштите може се поделити на два сегмента. Први обухвата заштиту од буке приликом изградње аутопута, а други заштиту од буке због одвијања друмског саобраћаја на новом аутопуту. Утицаји ова два сегмента на окружење неће се преклапати.

3.1. Мере заштите од буке за време извођења радова

Нивои буке приликом изградње аутопута зависе пре свега од организације радова на градилишту, броја и врсте ангажованих грађевинских машина, као и њиховог положаја и удаљености од стамбених објеката у зони утицаја. Како за време планирања мера заштите од буке организација и технологија

рада на градилишту нису биле прецизно дефинисане није извршено моделовање и анализа могућег утицаја буке на окружење. У сваком случају приликом изградње аутопута потребно је бучне грађевинске радове изводити за време нормалног радног времена где је то могуће, потребно је користити најтише доступне машине за одређену врсту посла, где је погодно и исплативо користити привремене конструкције за заштиту од буке, подучавати ангажовано особље на градилишту по питању утицаја буке, најбучније машине удаљити што је више могуће од стамбених објеката, организовати довоз и одвоз материјала у радно време градилишта, обавештавати заинтересовано становништво о предстојећим бучним радовима и сл.

Извођач или друго лице које извођач ангажује мора израдити Елаборат утицаја буке за време извођења радова на градилишту у складу са радовима које треба да обавља, својом технологијом извођења радова, ангажованим машинама, опремом и алатом, итд. У случају да се утврди да ће извођење радова угрожавати становништво по питању буке Елаборатом је потребно предвидети привремене мере заштите од буке.

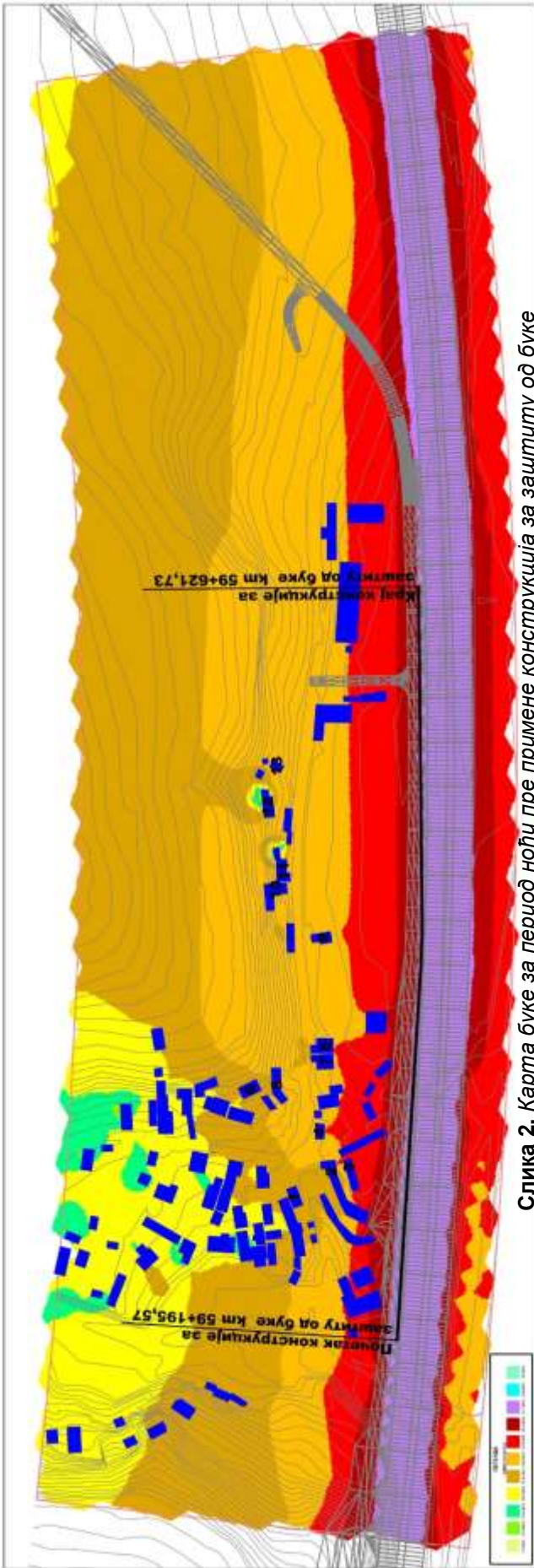
Елаборат се израђује са аспекта заштите животне средине и између осталог требало би да садржи: обим, намену и циљеве израде Елабората, кратак опис пројекта, преглед релевантне законске регулативе, стандарде и друге прописе из области заштите од буке у складу са којима се радови морају изводити, опис система управљања животном средином извођача радова, матрицу одговорности за спровођење Елабората, план и програм извођења радова (дефинисање радног времена, идентификација и опис бучних активности, рад ван радног времена, итд.), опис и начин интерне и екстерне комуникације запослених на градилишту са аспекта управљања буком, план управљања буком (идентификација потенцијално угрожених објеката и/или становништва буком, утврђивање постојећег (нултог) стања, утврђивање законски максимално дозвољених нивоа буке у зависности од намене објеката и/или земљишта, утврђивање максимално дозвољених нивоа звучне снаге машина, опреме и алата који ће се користити на градилишту, начин укључивања и/или обавештавања јавности за време извођења радова, процена утицаја грађевинских радова на нивое буке, садржај и начин обуке запослених на градилишту са аспекта буке, процена утицаја саобраћајне буке која настаје због опслуживања градилишта, итд.), дефинисање потребних мера за смањивање негативног утицаја буке на животну средину и план праћења њиховог спровођења, дефинисати процедуре, план и програм мониторинга буке (дефинисање локација мерења, начин мерења, периодичност мерења, мерења на основу жалби, итд.), план управљања жалбама и начини за њихово решавање, итд.

Потребно је да Инвеститор да сагласност на Елаборат утицаја буке за време извођења радова на градилишту, а извођач радова своје пословање на градилишту организује у складу са Елаборатом.

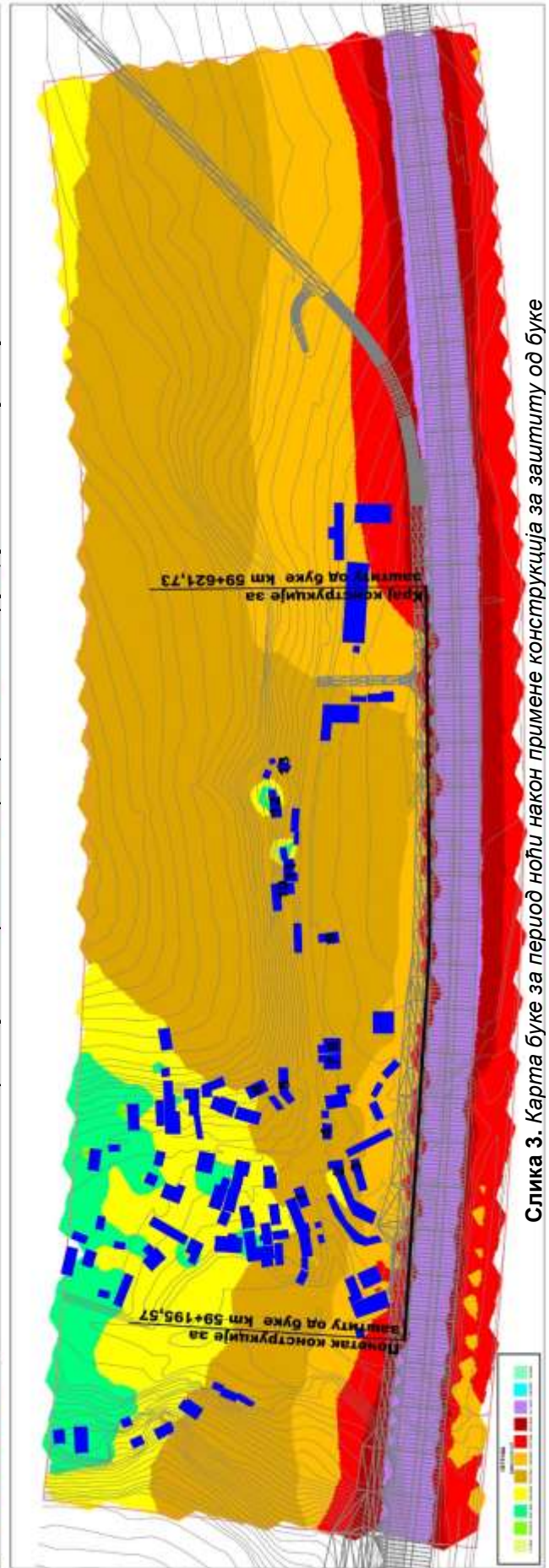
3.2. Мере заштите од буке за време експлоатације

На подручју насеља Црноклиште није било урађено акустичко зонирање. Како би могла да се изврши анализа утицаја буке на становништво и планирају мере заштите, у складу са Уредбом о индикаторима буке, граничним вредностима, методама за оцењивање индикатора буке, узнемиравања и штетних ефеката буке у животној средини ("Сл. гласник РС", бр. 75/10) претпостављено је да посматрано подручје припада зони 5 (Градски центар, занатска, трговачка, административно-управна зона са становима, зона дуж аутопутева, магистралних и градских саобраћајница). Граничне вредности индикатора буке за зону 5 за период дана износе $L_{day} = 65 \text{ dB(A)}$, период вечери $L_{evening} = 65 \text{ dB(A)}$ и за период ноћи $L_{night} = 55 \text{ dB(A)}$.

Акустичким прорачунима на подручју насеља Црноклиште било је обухваћено 97 објекта разних намена. На основу спроведеног прорачуна на 179 мерних тачака које су биле постављене на сваком спрату и фасади стамбених објеката, утврђено је да нивои саобраћајне буке на најизложенијим фасадама 13 објеката, односно на 72 мерне тачке прелазе законски дозвољене вредности. За период дана и вечери прекорачења граничних вредности индикатора буке износе до 4,5 dB и утврђена су на фасадама пет стамбених објеката, док се прекорачења граничних вредности индикатора буке у току ноћи крећу до 8,1 dB и утврђена су на фасадама 13 стамбених објеката. Сви стамбени објекти код којих су утврђена прекорачења дозвољених нивоа буке у току дана и вечери имају прекорачења и у току ноћи. Графичка презентација добијених перспективних нивоа саобраћајне буке за период ноћи приказана је на слици 2.



Слика 2. Карта буке за период ноћи пре примене конструкција за заштиту од буке



Слика 3. Карта буке за период ноћи након примене конструкција за заштиту од буке

Стамбени објекти који су угрожени буком обележени су бројевима од 1 до 13 и њихов просторни положај може се видети на слици 2. Израчунати нивои буке по објектима, спратовима и фасадама за свих 13 објекта, код којих су утврђена прекорачења дозвољених нивоа, приказани су у табели 1. Израчунате величине нивоа буке које премашују законски дозвољене вредности у табели 1 су осенчене.

Табела 1. Израчунати нивои буке по објектима, спратовима и фасадама пре примене мера заштите

Редни број објекта	Спрат	Фасада	Lday	Levening	Lnight
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
1	П+1	3	62,1	62,1	55,8
2	П+0	2	63,5	63,5	57,2
	П+1	1	63,6	63,6	57,3
	П+1	2	64,3	64,3	58,0
3	П+1	6	63,6	63,6	57,2
	П+0	3	67,9	67,9	61,6
	П+0	4	65,0	65,0	58,7
4	П+0	1	62,5	62,5	56,1
	П+0	2	65,5	65,5	59,2
	П+0	3	64,0	64,0	57,7
5	П+0	1	63,4	63,4	57,1
	П+0	2	63,7	63,7	57,4
	П+0	3	62,8	62,8	56,5
	П+1	1	64,1	64,1	57,8
	П+1	2	65,0	65,0	58,7
	П+1	3	64,4	64,4	58,1
	П+1	4	64,1	64,1	57,7
6	П+1	5	64,2	64,2	57,8
	П+1	6	64,1	64,1	57,8
	П+1	1	63,5	63,5	57,2
	П+1	2	61,3	61,3	55,0
	П+1	4	62,1	62,1	55,8
	П+0	5	62,2	62,2	55,8
7	П+0	6	65,7	65,7	59,4
	П+1	2	63,1	63,1	56,8
	П+1	3	62,8	62,8	56,5
	П+1	4	61,8	61,8	55,5
	П+1	5	64,4	64,4	58,0
	П+1	6	66,8	66,8	60,5
8	П+0	1	61,8	61,8	55,5
	П+0	6	65,4	65,4	59,1
	П+1	1	63,1	63,1	56,8
	П+1	2	62,3	62,3	56,0
	П+1	3	63,0	63,0	56,7
	П+1	4	62,6	62,6	56,3
9	П+1	6	66,6	66,6	60,2
	П+0	1	62,4	62,4	56,1
	П+0	2	64,0	64,0	57,7
	П+0	3	62,5	62,5	56,2
	П+0	4	61,7	61,7	55,4
	П+0	5	63,4	63,4	57,1
10	П+0	6	65,6	65,6	59,3
	П+0	1	61,6	61,6	55,2
	П+0	2	63,8	63,8	57,5
	П+0	3	61,5	61,5	55,1
	П+0	5	61,8	61,8	55,5
	П+1	1	62,2	62,2	55,9
	П+1	2	64,5	64,5	58,1

Табела 1. Израчунати нивои буке по објектима, спратовима и фасадама пре примене мера заштите

Редни број објекта	Спрат	Фасада	Lday	Levening	Lnight
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
10	П+1	3	61,8	61,8	55,5
	П+1	4	62,9	62,9	56,6
	П+1	5	63,2	63,2	56,9
11	П+0	2	62,4	62,4	56,1
	П+0	4	64,1	64,1	57,8
	П+0	5	64,9	64,9	58,6
	П+0	6	63,8	63,8	57,5
	П+0	7	63,6	63,6	57,2
12	П+0	2	61,7	61,7	55,4
	П+0	3	63,8	63,8	57,5
	П+0	4	64,0	64,0	57,7
	П+0	5	62,9	62,9	56,6
	П+1	2	62,3	62,3	56,0
	П+1	3	64,3	64,3	58,0
	П+1	4	64,6	64,6	58,3
13	П+0	3	64,1	64,1	57,8
	П+0	4	63,2	63,2	56,9
	П+1	3	64,7	64,7	58,3
	П+1	4	63,7	63,7	57,3

У циљу заштите становништва за стамбене и друге објекте осетљиве на буку код којих се прорачуном добија да бука на најизложенијим фасадама прелази законски дозвољене нивое потребно је планирати и спровести мере заштите. Као основна мера предвиђају се конструкције за заштиту од буке. Приликом њиховог прорачуна и оптимизација вођено је рачуна и о економским ефектима. Такође, приликом њиховог прорачуна вођено је рачуна не само о постојећим објектима, већ и о планираној намени земљишта, као и могућим плановима развоја.

Мере заштите потребно је планирати и спроводити само за објекте у којима живе и бораве људи, односно објекте који су осетљиви на буку као што су дечији вртићи, основне и средње школе, факултети, домови здравља и болнице. Код објеката који су осетљиви на буку приликом планирања и спровођења мера заштите треба водити рачуна о њиховом радном времену.

Конструкције за заштиту од буке које се налазе на терену треба пројектовати коришћењем апсорпционих материјала. Максимална висина конструкције за заштиту од буке ограничена је на 4 метра.

Приликом пројектовања конструкција за заштиту од буке потребно је придржавати се позитивних искустава и европске праксе, а пре свега стандарда:

- SRPS EN 1793-1, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима — Методе испитивања за одређивање акустичких особина — Део 1: Основне карактеристике апсорпције звука;
- SRPS EN 1793-2, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима — Методе испитивања за одређивање акустичких особина — Део 2: Основне карактеристике изолације од ваздушног звука у условима дифузног звучног поља;
- SRPS EN 1793-3, Уређаји за смањење саобраћајне буке - Методе испитивања за одређивање акустичке перформансе - Део 3: Нормализовани спектар саобраћајне буке;
- SRPS EN 1793-4, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима – Методе испитивања за одређивање акустичких особина – Део 4: Основне карактеристике – Вредност дифракције звука на лицу места;
- SRPS EN 1793-5, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима – Методе испитивања за одређивање акустичких особина – Део 5: Основне карактеристике – Вредности рефлексije звука у условима директног звучног поља на лицу места;

- SRPS EN 1793-6, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима — Методе испитивања за одређивање акустичких особина — Део 6: Основне карактеристике — Вредности изолације од ваздушног звука у условима директног звучног поља на лицу места;
- SRPS EN 1794-1, Уређаји за смањење саобраћајне буке - Неакустичне карактеристике - Део 1: Механичке перформансе и захтеви за стабилност;
- SRPS EN 1794-2, Уређаји за смањење саобраћајне буке - Неакустичне карактеристике - Део 2: Захтеви за општу безбедност и околину;
- SRPS EN 1794-3, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима – Неакустичке карактеристике – Део 3: Реакција на пожар – Понашање система за смањење буке при горењу и класификација;
- SRPS EN 14388, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима – Спецификације;
- SRPS EN 14389-1, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима – Процедуре за дугорочну процену особина – Део 1: Акустичке карактеристике;
- SRPS EN 14389-2, Системи за смањење саобраћајне буке на путевима – Процедуре за дугорочну процену особина – Део 2: Неакустичке карактеристике.

Такође, као додатне смернице може се користити ZTV LSW 2006, Додатни технички прописи и смернице за израду баријера за заштиту од буке на путевима.

Звучно заштитни панели који ће се уграђивати у конструкције за заштиту од буке морају да имају одговарајуће сертификате издате од надлежних институција у складу са:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| • Звучна апсорпција | SRPS EN 1793-1; |
| • Звучна изолација | SRPS EN 1793-2; |
| • Сува тежина | SRPS EN 1794-1, Додатак Б; |
| • Мокра тежина | SRPS EN 1794-1, Додатак Б; |
| • Највећа вертикална носивост | SRPS EN 1794-1, Додатак Б; |
| • Највећа хоризонтална носивост | SRPS EN 1794-1, Додатак А; |
| • Чишћење снега | SRPS EN 1794-1, Додатак Е; |
| • Отпорност на пожар | SRPS EN 1794-2, Додатак А; |
| • Опасност од падајућих делова | SRPS EN 1794-2, Додатак Б; |
| • Отпорност на удар камена | SRPS EN 1794-1, Додатак Ц. |

Сви звучно заштитни панели морају да имају CE ознаку према стандарду SRPS EN 14388. Такође, у складу са побројаним стандардима сви звучно заштитни панели који ће се користити за конструкције за заштиту од буке морају да имају звучну апсорпцију од најмања 9 dB (класа А3 према SRPS EN 1793-1), звучну изолацију од најмање 25 dB (класа Б3 према SRPS EN 1793-2), највећу вертикалну носивост ($L/400$) $> 4,0$ kN/m према SRPS EN 1794-1 Додатак Б, највећу хоризонталну носивост ($L/40$ односно 50mm) $> 1,8$ kN/m² према SRPS EN 1794-1 Додатак А, највећу хоризонталну носивост (ветар) $> 3,0$ kN/m² према SRPS EN 1794-1 Додатак А, чишћење снега 15 kN/m² (2 m x 2 m) према SRPS EN 1794-1 Додатак Е, отпорност на пожар класе 3 према SRPS EN 1794-2 Додатак А, отпорност од падајућих делова класе 6 према SRPS EN 1794-2 Додатак Б и испуњен захтев за отпорност на удар камена према SRPS EN 1794-1 Додатак Ц.

Звучно заштитни панели морају да имају рок трајања од најмање 20 година, у коме неће доћи до битних промена њихових акустичких и неакустичких перформанси.

Код заштитних конструкција дужих од 300 метара треба предвидети врата за случај опасности и обезбедити приступ до њих. Врата за случај опасности и најкраћи пут до њих потребно је јасно обележити одговарајућим пиктограмима.

Дуж конструкције за заштиту од буке потребно је поставити одговарајућу саобраћајну заштитну ограду.

За заштиту угрожених стамбених објеката прорачуном и оптимизацијом добијено је да је потребно изградити једну конструкцију за заштиту од буке укупне дужине 424,0 метра и површине 1.564,0 m². Заштитна конструкција планирана је на 1,6 метара од леве ивице коловоза аутопута од km 59+195 до km 59+621. Ситуациони положај конструкције за заштиту од буке дат је на слици 3, а детаљни подаци приказани су табели 2.

Табела 2. Подаци о конструкцији за заштиту од буке

Редни број елемента	Дужина појединачног елемента	Дужина сегмента	Висина елемента	Површина
	[m]	[m]	[m]	[m ²]
1 – 5	4,0	20,0	3,5	70,0
6 – 10	4,0	20,0	2,5	50,0
11 – 55	4,0	180,0	4,0	720,0
56 – 66	4,0	44,0	3,5	154,0
67 – 91	4,0	100,0	4,0	400,0
92 – 96	4,0	20,0	3,5	70,0
97 – 101	4,0	20,0	3,0	60,0
102 - 106	4,0	20,0	2,0	40,0
Укупно:		424,0	--	1564,0

Графичка презентација добијених нивоа буке за период ноћи са применом конструкције за заштиту од буке приказана је на слици 3.

Ефикасност примењених конструкција за заштиту од буке варира од великог броја фактора као што су: висина конструкције, удаљеност објекта, висинска разлика између конструкције и објекта, итд. Такође, ефикасност заштитних конструкција опада са порастом спратности, односно показује се да је више спратове теже штитити. У случају насеља Црноклиште ефикасност планиране конструкције за заштиту од буке износи 6,6 dB.

Преглед нивоа буке по објектима, спратовима и фасадама након примене конструкције за заштиту од буке дат је у табели 3.

Табела 3. Израчунати нивои буке по објектима, спратовима и фасадама након примене конструкције за заштиту од буке

Редни број објекта	Спрат	Фасада	Lday	Levening	Lnight	Редни број конструкције	Lday	Levening	Lnight
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		[dB]	[dB]	[dB]
1	П+1	3	60,3	60,3	54,0	1	-1,8	-1,8	-1,8
2	П+0	2	58,2	58,2	51,9	1	-5,3	-5,3	-5,3
	П+1	1	60,8	60,8	54,5	1	-2,8	-2,8	-2,8
	П+1	2	60,0	60,0	53,7	1	-4,3	-4,3	-4,3
	П+1	6	60,5	60,5	54,2	1	-3,1	-3,1	-3,1
3	П+0	3	61,3	61,3	55,0	1	-6,6	-6,6	-6,6
	П+0	4	59,1	59,1	52,8	1	-5,9	-5,9	-5,9
4	П+0	1	57,1	57,1	50,8	1	-5,3	-5,3	-5,3
	П+0	2	59,7	59,7	53,4	1	-5,7	-5,7	-5,7
	П+0	3	57,9	57,9	51,6	1	-6,1	-6,1	-6,1
5	П+0	1	59,2	59,2	52,9	1	-4,2	-4,2	-4,2
	П+0	2	59,6	59,6	53,2	1	-4,2	-4,2	-4,2
	П+0	3	59,4	59,4	53,1	1	-3,4	-3,4	-3,4
	П+1	1	60,6	60,6	54,2	1	-3,5	-3,5	-3,5
	П+1	2	61,3	61,3	54,9	1	-3,7	-3,7	-3,7
	П+1	3	60,8	60,8	54,5	1	-3,6	-3,6	-3,6
	П+1	4	60,6	60,6	54,3	1	-3,5	-3,5	-3,5
	П+1	5	61,2	61,2	54,9	1	-3,0	-3,0	-3,0
6	П+1	6	60,7	60,7	54,4	1	-3,4	-3,4	-3,4
	П+1	1	60,6	60,6	54,2	1	-3,0	-3,0	-3,0
	П+1	2	59,4	59,4	53,1	1	-1,9	-1,9	-1,9
7	П+1	4	59,4	59,4	53,1	1	-2,7	-2,7	-2,7
	П+0	5	55,9	55,9	49,6	1	-6,3	-6,3	-6,3
	П+0	6	59,7	59,7	53,4	1	-6,0	-6,0	-6,0
	П+1	2	60,5	60,5	54,1	1	-2,7	-2,7	-2,7
	П+1	3	60,2	60,2	53,9	1	-2,6	-2,6	-2,6
	П+1	4	59,4	59,4	53,1	1	-2,4	-2,4	-2,4
	П+1	5	59,4	59,4	53,1	1	-4,9	-4,9	-4,9

Табела 3. Израчунати нивои буке по објектима, спратовима и фасадама након примене конструкције за заштиту од буке

Редни број објекта	Спрат	Фасада	Lday	Levening	Lnight	Редни број конструкције	Lday	Levening	Lnight
			[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]		[dB]	[dB]	[dB]
	П+1	6	61,3	61,3	55,0	1	-5,5	-5,5	-5,5
8	П+0	1	57,4	57,4	51,1	1	-4,4	-4,4	-4,4
	П+0	6	59,8	59,8	53,5	1	-5,6	-5,6	-5,6
	П+1	1	59,3	59,3	53,0	1	-3,8	-3,8	-3,8
	П+1	2	60,0	60,0	53,6	1	-2,4	-2,4	-2,4
	П+1	3	60,7	60,7	54,3	1	-2,4	-2,4	-2,4
	П+1	4	60,1	60,1	53,8	1	-2,5	-2,5	-2,5
	П+1	6	61,4	61,4	55,0	1	-5,2	-5,2	-5,2
9	П+0	1	57,5	57,5	51,2	1	-4,9	-4,9	-4,9
	П+0	2	59,0	59,0	52,7	1	-5,0	-5,0	-5,0
	П+0	3	57,7	57,7	51,4	1	-4,8	-4,8	-4,8
	П+0	4	57,0	57,0	50,6	1	-4,7	-4,7	-4,7
	П+0	5	57,2	57,2	50,9	1	-6,2	-6,2	-6,2
	П+0	6	59,5	59,5	53,1	1	-6,2	-6,2	-6,2
10	П+0	1	57,1	57,1	50,7	1	-4,5	-4,5	-4,5
	П+0	2	59,1	59,1	52,7	1	-4,8	-4,8	-4,8
	П+0	3	57,9	57,9	51,6	1	-3,5	-3,5	-3,5
	П+0	5	57,8	57,8	51,5	1	-4,0	-4,0	-4,0
	П+1	1	58,0	58,0	51,6	1	-4,3	-4,3	-4,3
	П+1	2	60,4	60,4	54,1	1	-4,0	-4,0	-4,0
	П+1	3	58,6	58,6	52,3	1	-3,2	-3,2	-3,2
	П+1	4	60,4	60,4	54,1	1	-2,5	-2,5	-2,5
	П+1	5	60,4	60,4	54,0	1	-2,8	-2,8	-2,8
11	П+0	2	59,8	59,8	53,4	1	-2,7	-2,7	-2,7
	П+0	4	59,4	59,4	53,1	1	-4,7	-4,7	-4,7
	П+0	5	60,0	60,0	53,7	1	-4,9	-4,9	-4,9
	П+0	6	59,1	59,1	52,8	1	-4,7	-4,7	-4,7
	П+0	7	58,6	58,6	52,2	1	-5,0	-5,0	-5,0
12	П+0	2	57,2	57,2	50,9	1	-4,5	-4,5	-4,5
	П+0	3	60,1	60,1	53,8	1	-3,8	-3,8	-3,8
	П+0	4	60,1	60,1	53,8	1	-4,0	-4,0	-4,0
	П+0	5	58,8	58,8	52,5	1	-4,1	-4,1	-4,1
	П+1	2	58,4	58,4	52,0	1	-3,9	-3,9	-3,9
	П+1	3	60,8	60,8	54,5	1	-3,5	-3,5	-3,5
	П+1	4	61,0	61,0	54,7	1	-3,6	-3,6	-3,6
13	П+1	5	59,9	59,9	53,5	1	-3,6	-3,6	-3,6
	П+0	3	60,3	60,3	54,0	1	-3,8	-3,8	-3,8
	П+0	4	59,7	59,7	53,3	1	-3,5	-3,5	-3,5
	П+1	3	61,1	61,1	54,8	1	-3,6	-3,6	-3,6
	П+1	4	60,5	60,5	54,1	1	-3,2	-3,2	-3,2

Предложена конструкција за заштиту од буке на свим угроженим објектима њен ниво спушта испод законски прописаних граница, чиме је остварена заштита становништва.

Рачунајући са пројектантским ценама од 160 € по 1 m² конструкције за заштиту од буке (обухваћена је цена панела, испорука на место уградње, израда темеља, носећи стубови и монтажа), процењено је да ће укупан трошак за њено постављање износити око 250.000 €. Да би се побољшао визуелни изглед заштитне конструкције предлаже се да се висина елемената од 6 до 10 повећа на 3,5 метра, као и да се висина елемената од 56 до 66 повећа на 4,0 метара. Додатном интервенцијом укупна површина заштитне конструкције повећала би се за 42 m², а цена за око 6700 €.

Након изградње конструкције за заштиту од буке потребно је извршити визуелни преглед који би требало да потврди да не постоје видљиви недостаци или оштећења. Акустичку проверу заштитне конструкције потребно је извршити неколико месеци након пуштања аутопута у експлоатацију.

Мерења је потребно спровести у складу са стандардом ISO 10847. Број мерења мора бити довољан да се на основу добијених резултата потврди ефикасност изграђене заштитне конструкције. Такође, код заштитне конструкције у циљу утврђивања вредности дифракције и рефлексije звука, као и изолације од ваздушног звука потребно је спровести мерења у складу са стандардима SRPS EN 1793-4, SRPS EN 1793-5 и SRPS EN 1793-6.

Као додатну меру заштите од буке треба предвидети редовно одржавање коловозне конструкције. Планирана конструкција за заштиту од буке ће своју основну функцију испунити само када се друмски саобраћај одвија на коловозу који је у добром стању и који се редовно одржава.

4. МОНИТОРИНГ БУКЕ

Потребно је предвидети мониторинг по пуштању аутопута у саобраћај, који ће утврдити стварно стање нивоа буке, као и периодична контролна мерења за праћење нивоа буке у перспективи.

Мониторинг буке потребно је предвидети у зонама стамбених и других осетљивих објеката који се налазе у непосредној близини аутопута. Приликом избора мерних тачака за мониторинг треба уврстити објекте који нису били угрожени приликом прорачуна, као и објекте који се штите конструкцијом. Препорука је да се у зонама насељених места изабере барем по два објекта из сваке од наведених категорија. Мониторинг је потребно спроводити најмање једанпут у периоду од пет година.

Мерна места се бирају тако да буду репрезентативна за посматрано подручје, а у случају оправданих притужби локалног становништва број мерних места се може повећати. Ако се на основу мерења утврде додатна прекорачења законски дозвољених нивоа буке у односу на већ утврђена, као и нова прекорачења инвеститор, односно надлежна институција је дужна да поступи у складу са добијеним резултатима.

Мерења нивоа буке у циљу утврђивања нивоа буке на фасадама стамбених или других осетљивих објеката потребно је извршити у складу са одредбама стандарда ISO 1996. Висина мерних тачка одређује се у сваком појединачном случају у зависности од спратности објекта. Свако појединачно мерење потребно је спровести у непрекидном трајању од најмање 24 часа.

Обзиром да се израда конструкције за заштиту од буке планира од материјала са добром акустичком постојаношћу, њене карактеристике је потребно проверавати најмање једанпут у току пет година. Приликом одређивања периода провере не узима се у обзир иницијална провера заштитне конструкције. Провера се мора извршити у складу са стандардима ISO 10847, SRPS ISO 1793-4, SRPS ISO 1793-5 и SRPS ISO 1793-6. У случају да се за заштитну конструкцију користе материјали са слабијом акустичком постојаношћу (нпр. дрво) проверу је потребно извршити након једне, три и затим сваке пете године након њене инсталације.

Визуелну контролу заштитне конструкције потребно је вршити најмање једанпут у току календарске године. У случају постојања више заштитних конструкција проверу је могуће радити на изабраном узорку који сваки пут мора бити различит. Ако се приликом провере утврде посебно лоша места њих треба проверавати годишње без обзира на изабрани узорак.

У сваком случају приликом контроле заштитних конструкција треба се придржавати захтева и препорука произвођача. За потребе контроле потребно је користити строжији критеријум.

5. ЗАКЉУЧАК

Уместо закључка дате су неке опсервације и мишљења настали на основу вишегодишњег искуства на изради студија и пројеката из области заштите животне средине од друмске и железничке буке.

Приликом анализе утицаја буке и планирања мера заштите ограничени смо обухватом пројекта у оквиру кога се они раде. Конструкција за заштиту од буке постављена је уз леву ивицу аутопута ка насељу Црноклиште, и између ње и насеља налази се паралелни (некомерцијални) пут. Становници насеља Црноклиште неће бити заштићени од буке која настаје као последица одвијања друмског саобраћаја на паралелном путу. Очекује се да ће ти нивои бити и већи него у случају да нема заштитне конструкције због настајања акустичке рефлексije. Као једина мера заштите која може да се

предвиди у оквиру пројекта, како би се смањила рефлексија и утицај паралелног пута на насеље Црноклиште, јесте да звучно заштитни панели и ка насељу буду апсорбујући.

Не узимају се у обзир други извори буке. У предметном пројекту, паралелно са новим аутопутем налази се међународна магистрална железничка пруга. Како се пруга налази са супротне стране у односу на насеље, пројектована заштитна конструкција пружиће делимичну заштиту и од железничке буке. Међутим, да се пруга налазила са друге стране становници насеља Црноклиште били би без заштите од железничке буке, као у случају паралелног пута. Пројектовање мера заштите у случајевима постојања два извора буке своди се на проблем обухвата пројекта, јер се конструкција мора поставити уз извор најближи угроженом становништву а он често није у обухвату пројекта. Са друге стране и ако се реше правно-имовински односи остаје питање финансирања изградње и одржавања тако пројектованих заштитних конструкција.

У досадашњој пракси веома мало пажње је било посвећено архитектонским решењима конструкција за заштиту од буке и њиховим визуелним уклапањем у окружење. Процес пројектовања мера заштите од буке завршава се дефинисањем потребних карактеристика конструкције са аспекта заштите. Архитектонско решење се своди на избор боје и/или боја у којима ће бити изведена заштитна конструкција. Избор материјала углавном је сведен на алуминијум у комбинацији са транспарентним елементима. Проблем код архитектонског решења заштитних конструкција је што доводе до повећања потребних инвестиција, али углавном не доводе и до повећања степена заштите.

Пројектом мора да се пропише план вршења мониторинга буке који за циљ има пре свега потврду акустичког модела и извршених прорачуна, односно планираних мера заштите. Мониторинг такође омогућава проверу да ли су заштитне конструкције пројектоване и изведене у складу са пројектом уз употребу прописаних материјала.

У Републици Србији не постоје званичне смернице за пројектовање мера заштите од буке уз друмску и железничку инфраструктуру које би требало да омогуће униформно решавање проблема. До сада, а и у будућности док се смернице не донесу, пројектанти и вршиоци техничке и стручне контроле су препуштени сами себима, односно свом знању и искуству.

Литература

- [1] Boer, L.C.; Schroten, A. 2007. Traffic noise reduction in Europe. CE Delft. 60 p.
- [2] Clairbois, J.P.; Garai, M. 2015. The European standards for roads and railways noise barriers: state of the art 2015. EuroNoise 2015, 45-50.
- [3] European Commission Working Group 5. 2002. Inventory of noise mitigation methods.
- [4] Gajicki, A.; Babić, V. 2013. Experience in planning noise protecting measures in the designs for road infrastructure in the Serbia. IV International Symposium of transport and communications "New Horizons".
- [5] Gajicki, A.; Prašćević, M.; Babić, V.; 2012. Experiences in modelling and noise mapping in Serbia. Noise Congress "Sharing Sound in Serbia".
- [6] Gajicki, A.; Ilić, R. 2010. Impact of the planned E-75 highway to the noise level in Predejane Settlement. XXII Conference with international participation "Noise and Vibration".
- [7] Nijland, H. A.; Van Wee, G. P. 2005. Traffic Noise in Europe: A Comparison of Calculation Methods, Noise Indices and Noise Standards for Road and Railroad Traffic in Europe, Transport Reviews 25(5): 591–612.
- [8] Parker, G. 2006. Effective Noise Barrier Design and Specification. Acoustics, 349-353.
- [9] Pigasse, G. 2010. Traffic flow and noise, A method study. Road Directorate, Danish Road Institute.
- [10] Prašćević, M; Mihajlov, D; Cvetković, D; Hlaček, N; Gajicki, A. 2013. Acoustic zoning and noise assessment, Applied Mechanics and Materials 430, pp 244-250.
- [11] Probst, W. 2010. Accuracy and Precision in Traffic Noise Prediction. InterNoise 2010.
- [12] RLS 90. 1990. Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau).
- [13] Секуловић, Ј. и др. 2010. Главни пројекат техничких мера заштите животне средине. Саобраћајни институт ЦИП.
- [14] Wolniewicz, K.; Zagubień, A. 2015. Verifying Traffic Noise Analysis Calculation Models. Pol. J. Environ. Stud. 24(6): 2767-2772.

PUTNA MREŽA U REPUBLICI SRBIJI – PODRAZUMEVANE EKOLOŠKE POSLEDICE

Titomir Obradović¹, Sabina Ivanović²,
Milica Vujković³, Siniša Stojković⁴

^{1,3} "Expert – Inženjering" d.o.o. Šabac, e-mail: expertinzenjering@gmail.com

^{2,4} Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije,

e-mail: sabina.ivanovic@ekologija.gov.rs; sinisa.stojkovic@ekologija.gov.rs; milica1410@outlook.com

Abstrakt: Mreža puteva predstavlja složen sistem, čija je primarna funkcija da olakša prevoz ljudi i robe između lokacija i da omogući pristup udaljenim područjima. Posledica povećanja gustine puteva i povećane potražnje za korišćenje puteva, su uvećani negativni uticaji na životnu sredinu.

Putna mreža mora biti predmet posebnog interesovanja, jer poremećaj ekološke ravnoteže usled saobraćajne mreže zahteva stratešku politiku, prostorno planiranje i finansiranje infrastrukture koja podržava zaštitu bioloških resursa-biodiverziteta. Pri tome se mora uvažiti činjenica da područje Republike Srbije predstavlja jedan od šest centara biodiverziteta u Evropi.

U ovom radu biće prikazan uticaj putne mreže na ekosisteme. Direktni i indirektni štetni uticaji puteva na ekosisteme moraju biti dobro procenjeni, a njihovi mogući uticaji na životnu sredinu, merama ublažavanja, dovedeni u prihvatljive granice.

Ključne reči: putna mreža, štetni uticaji, ekosistemi, biodiverzitet, mere ublažavanja

ROAD NETWORK IN THE REPUBLIC OF SERBIA - USUAL ECOLOGICAL CONSEQUENCES

Titomir Obradović¹, Sabina Ivanović²,
Milica Vujković³, Siniša Stojković⁴

^{1,3} "Expert – Inženjering" d.o.o. Šabac, e-mail: expertinzenjering@gmail.com

^{2,4} Ministry of Environmental Protection,

e-mail: sabina.ivanovic@ekologija.gov.rs; sinisa.stojkovic@ekologija.gov.rs; milica1410@outlook.com

Abstrakt: The network of roads is a complex system, whose primary function is to facilitate the transport of people and manufactured goods between locations and to allow access to remote areas. The consequence of increasing road density and increased demand for the use of roads has increased adverse impacts on the environment.

The road network must be a matter of special interest, because the disruption of the ecological balance due to the traffic network requires strategic policy, spatial planning and financing of the infrastructure that supports the protection of biological resources-biodiversity. The fact that the Republic of Serbia represents one of the six centers of biodiversity in Europe must be respected.

In this paper the influence of the road network on ecosystems will be shown. Direct and indirect harmful effects of roads on ecosystems must be well assessed, and their potential environmental impacts, mitigation measures, are brought within reasonable limits.

Keywords: Road network, adverse impacts, ecosystems, biodiversity, mitigation measures

1. UVOD

Republika Srbija raspolaže sa mrežom puteva, ukupne dužine 40.845 km, od toga su državni putevi IA reda 741,46 km (decembar 2016.g.) i IB reda 4.486,10 km, državni putevi IIA reda 7.765,00 km i IIB reda 3.170,15 km i opštinski putevi 23.780 km. [1]

Da bi se postigao održivi razvoj putne mreže usklađen sa zaštitom životne sredine, problemi sa aspekta sve veće ugroženosti živog sveta i stalnog trenda smanjenja broja vrsta, moraju se rešavati u ranim fazama planiranja izgradnje puteva i kroz razvoj projekata.

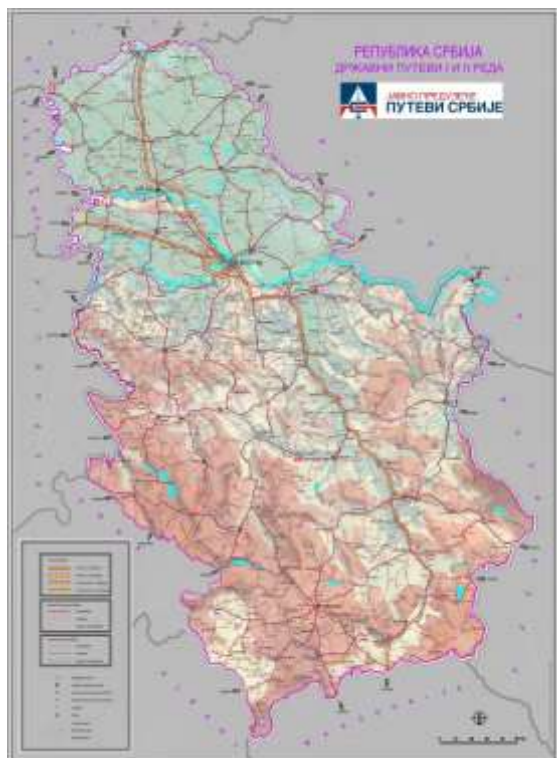
Prema dosadašnjim istraživanjima, na području Republike Srbije se nalazi: 39% vaskularne flore Evrope; 51% faune riba Evrope; 49% faune gmizavaca i vodozemaca Evrope; 74% faune ptica Evrope; 67% faune sisara Evrope. Na teritoriji Srbije izdvojeno je 62 značajnih područja za biljke (IPA – Important Plant Area), 42 značajnih područja za ptice (IBA – Important Bird Area) i 40 odabranih područja za dnevne leptire (PBA – Prime Butterfly Area). [2]

U Srbiji je, na osnovu strategije zaštite prirode i nacionalnog zakonodavstva planirano uspostavljanje ekološke mreže radi zaustavljanja smanjenja biodiverziteta i radi unapređenja zaštite i efikasnijeg upravljanja zaštićenim prirodnim dobrima, doneta Uredba o ekološkoj mreži („Službeni glasnik RS“, br. 102/10) i više pravilnika kao što su: Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva („Službeni glasnik RS“, br. 5/10, 47/11); Pravilnik o specijalnim tehničkotehnološkim rešenjima koja omogućavaju nesmetanu i sigurnu komunikaciju divljih životinja („Službeni glasnik RS“, br. 72/10) i Pravilnik o kriterijumima za izdvajanje tipova staništa, o tipovima staništa, osetljivim, ugroženim, retkim i za zaštitu prioritetnih tipovima staništa i o merama zaštite za njihovo očuvanje („Službeni glasnik RS“, br. 35/10).

Ekološka mreža je, shodno Zakonu o zaštiti prirode Srbije („Službeni glasnik RS“, br. 36/09, 88/10, 91/10), „skup međusobno povezanih ili prostorno bliskih zaštićenih područja i ekološki značajnih područja koji omogućava slobodni protok gena i bitno doprinosi očuvanju prirodne ravnoteže i biološke raznovrsnosti i unutar koje se delovi povezuju prirodnim ili veštačkim ekološkim koridorima“. [3]

2. PRISTUPI U PROCENI UTICAJA NA BIODIVERZITET

Planiranje putne mreže i dostupni alati i metode za procenu uticaja su od suštinskog značaja za obezbeđivanje kompatibilnosti iste sa ekološkom mrežom, kao i za ublažavanje potencijalnih negativnih i kumulativnih uticaja na biodiverzitet.

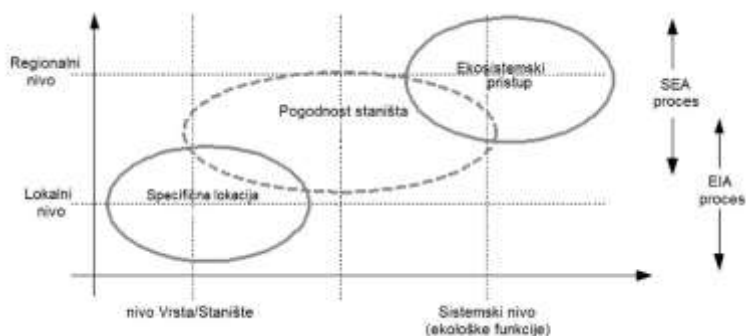


Slika 1. Putna mreža Srbije
(Izvor: http://www.putevi-srbije.rs/pdf/serbia_main_and_regional_road.pdf)



Slika 2. Ekološka mreža Emerald u Srbiji
(Izvor: Publikacija o Projektu „Emerald mreža u Republici Srbiji“, Zavod za zaštitu prirode Srbije)

Prilikom procene uticaja i posledica koje putevi tokom izgradnje, sanacije, rekonstrukcije i održavanja imaju na biodiverzitet veoma je bitno koji se pristup koristi, jer se često dešava da oblast istraživanja procenjuje samo direktne uticaje, a da se pri tom kumulativni uticaji skoro potpuno ignorišu.



Slika 3. Različiti pristupi u proceni uticaja izgradnje na biodiverzitet i njihov odnos prema različitim fizičkim skalama i ekološkim nivoima [4]

(Izvor: *Biodiversity in environmental assessment -tools for impact prediction, M.Gontier 2005.*)

Razlikujemo sledeće pristupe:

- Procene specifične za lokaciju koje se uglavnom fokusiraju na pojedinačne lokacije, zaštićena područja i zaštićene vrste, koji su češće povezani sa Studijom o proceni uticaja na životnu sredinu (EIA) i nivoom tehničke dokumentacije. Tehnike procene se uglavnom oslanjaju na intenzivno sakupljanje podataka specifičnih za lokaciju i stručne procene zasnovane na matricama. Iako ovaj pristup pruža snažnu bazu dokaza i u potpunosti je zakonski usklađen, to rezultira lokalizovanim i nepovezanim procenama. U ovom pristupu se ne razmatra skala ekoloških procesa, i generalno ne uspeva da obezbedi adekvatno razmatranje kumulativnih efekata.
- Procene pogodnosti staništa odnose se na kvalitet, kvantitet i povezanosti (često uključivanje staništa ili mapiranje zelene infrastrukture), što se češće primenjuje pri strateškoj proceni uticaja (SEA) ili na regionalnom nivou. Tehnike procene su izvedene na indeksima pogodnosti na osnovu sposobnosti ključnih komponenti zaštite životne sredine za podršku odabranim vrstama i često se mogu izvoditi u okviru platforme za geografske informacione sisteme (GIS). Ovim pristupom ispituje se pogodnost za zauzetost vrsta, otpornost zajednica, fragmentacija staništa i drugi procesi biodiverziteta, koji omogućavaju korišćenje prediktivnih alata za predviđanje potencijalnih uticaja.
- Procena zasnovana na ekosistemima naglašava interakcije između komponenti ekosistema. Ovaj pristup uključuje detaljnu studiju glavnih funkcija ekosistema neophodnih za održivi razvoj. Ova tehnika ocenjivanja, koja se retko koristi u proceni uticaja, podrazumeva predviđanje gubitka bioloških funkcija kao rezultat razvoja i stoga se u velikoj meri oslanja na stručna znanja o interakcijama različitih komponenti ekosistema. Step procene diktira skala proučavanja ekosistema, i kao rezultat toga, može zahtevati razmatranje efekata pejzaža ili čak i efekata na regionalnom nivou.

3. EKOLOŠKI UTICAJI PUTEVA

Očuvanje biodiverziteta (raznovrsnost života na Zemlji, uključujući ekosisteme, vrste i gene) postala je glavna svetska zabrinutost. Savremeni gubitak biodiverziteta prvenstveno je prouzrokovana eliminacijom ili degradacijom prirodnih staništa širom sveta pa i kod nas. Izgradnja i unapređenje puteva svih vrsta ponekad vodi, direktno ili indirektno, doprinosi gubitku biodiverziteta. Izazov ljudima koji planiraju, grade i održavaju puteve je pomirenje unapređenja transportne infrastrukture sa potrebom da se izbegne ozbiljna oštećenja prirodnih staništa i biodiverziteta.

Prilikom razmatranja štetnih uticaja puteva (izgradnje, sanacije, rekonstrukcije i održavanja) na funkciju ekosistema i biodiverziteta indetifikovano je pet primarnih uticaja puteva koji će dalje biti prikazani. [5]

3.1. Putevi su izvor promene staništa

Putevi menjaju okolna staništa na brojne načine, koji se odražavaju na floru i faunu. Jedan od načina menjanja staništa predstavlja povećani efekat ivice.

Potencijalni negativni efekti ovog uticaja na populaciju životinja uključuju:

- lokalno smanjenje gustine naseljenosti,
- promene u stopi reprodukcije,
- promene stope smrtnosti,
- promene vezane za šeme kretanja i disperziju.

Pored ovih negativnih efekata imamo i povećani nivo poremećaja i veći unos materije i energije u susednim staništima. Usled izgradnje puta, dolazi do smanjenja ili gubitka staništa neke vrste, koja će zbog toga potražiti novo stanište. U tom novom staništu određena vrsta će se susresti sa vrstama koje su bolje prilagođene i doći će do kompeticije za resurse, što može usloviti i gubitak neke od vrsta.

Za vegetaciju potencijalni efekti ovih uticaja uključuju izmenjenu produktivnost, strukturu i floristički sastav vegetacionih zajednica. Ti efekti mogu da dovedu do gubitka određenih vrsta, jer znamo da neke vrste preferiraju određena staništa. Relativno malo se zna o udaljenosti do koje se ti efekti manifestuju, ali su istraživanja ukazala na to da se manifestuju na većim udaljenostima za životinje nego za biljke.

3.2. Putevi kao koridori kretanja životinja i pravci povećanja broja invazivnih vrsta flore

Mnogi organizmi koriste i puteve i putna staništa kao koridore kretanja, uključujući životinje koje naseljavaju ivice puteva i srodna staništa, kao i predatore koji se kreću duž samih puteva. Koridori kretanja faune i povećanje broja vrsta invazivnih vrsta flore (uključujući korove), duž puteva je identifikovan kao problem u nekim oblastima. Raspršivanje propagula korova i drugih semena invazivne flore uz puteve je još jedan način na koji putevi mogu negativno uticati, jer njihova naknadna invazija na staništa menja karakteristike staništa i sastav zajednica uz puteve.

3.3. Putevi deluju kao prepreke za kretanje životinja, potencijalno dovode do fragmentacije prostora i staništa i izolovanja populacija i zajednica

Značajna ekološka posledica uticaja puteva je fragmentacija prostora i izolacija populacije divljih životinja. Naime, ograničavanjem pristupa životinjama vitalnim resursima dolazi do smanjenja područja raspoloživog staništa i potencijalno može da ograniči kretanje i širenje pojedinaca, što za posledicu ima fragmentiranje populacija i smanjenje protoka gena. Efekat barijere puteva na kretanje životinja zavisi pre svega od širine puta i intenziteta njegove upotrebe. Autoputevi sa velikim saobraćajnim opterećenjem i podrazumevanim zaštitnim ogradama, imaju najveći uticaj na kretanje životinja.

3.4. Putevi dovode do smrtnosti divljih životinja

Većina vrsta nije negativno pogođena uticajima smrtnosti na putu, ali za neke, smrtnost puteva može predstavljati značajnu opasnost za opstanak populacije. Da bi se smanjio efekat na kretanje i smrtnost životinja, razvijene su strukture koje olakšavaju kretanje životinja preko puteva. Uvođenjem tih struktura se takođe povećava bezbednost učesnika u drumskom saobraćaju, s obzirom da saobraćajne nesreće koje nastaju usled sudara vozila i divljih životinja, uglavnom krupnih sisara, predstavljaju opasnost za sve učesnike u saobraćaju, što je naročito često u manje urbanizovanim područjima.

3.5. Putevi su izvor biotičkih i abiotičkih efekata

Stepen uticaja puteva na floru i faunu, i ostale komponente životne sredine, kao što su zemljište, vazduh i voda zavisi od određenog broja faktora, koji uključuju frekvenciju putnog saobraćaja i materijale od kojih su izgrađeni gornje noseće konstrukcije i habajući slojevi puteva, a često se razlikuju u zavisnosti od lokacija i vremena izvođenja samih radova. Putevi predstavljaju izvor brojnih zagađujućih čestica, hemikalija i poremećaja. Atmosferske vode koje se slivaju sa površina puteva menjaju ravnotežu i potencijalno utiču na lokalnu hidrologiju promenom režima površinskih vodotoka. Povećano spiranje sedimenata sa puteva takođe menja režime voda i smanjuje kvalitet vodenih staništa. Putne mreže i odvijanje saobraćaja menjaju svojstva i strukturu zemljišta, aktivnost mikro i makroinvertebratne faune zemlje. Ovo utiče na strukturu i sastav florističkih zajednica pored puteva. [5]

Postignut je određeni napredak u teorijskom integrisanju relativnih uticaja ovih raznovrsnih i ekstenzivnih efekata puteva na način koji omogućava da se ekološke posledice puteva shvate i potencijalno kvantifikuju. Jedan ishod, koji obuhvata značajnije uticaje puteva na ekološko funkcionisanje ekosistema, je koncept zona uticaja. Ovim konceptom se pretpostavlja da se zona ekološkog "putnog efekta" proteže do 300 m na obe strane puta i stoga utiče na značajanu površinu zemljišta, područje koje je znatno veće od onog kojeg pokrivaju sami putevi.

4. MERE UBLAŽAVANJA NEGATIVNIH UTICAJA PUTNE MREŽE

Neke od negativnih uticaja na biodiverzitet, prvenstveno na faunu možemo ublažiti postavljanjem određenih tehničko-tehnoloških struktura. [6]

Te strukture predstavljaju ekološki prelazi u koje spadaju:

- ekološki mostovi (zeleni koridori),
- namenski izgrađeni prolazi i prelazi,
- tuneli,
- propusne cevi,
- jarkovi,
- sigurnosni i usmeravajući objekti.

Tabela 1. Ugrožene grupe životinja i mere za ublažavanje uticaja puteva

Ugrožene grupe životinja	Mere ublažavanja (zaštite)
Mammalia (sisari)	Zaštitne ograde, saobraćajni znakovi, prelazi, prolazi, mostovi i vijadukti, prilagođavanje objekata
Amphibia (vodozemci)	Zaštitne ograde, saobraćajni znakovi, prelazi i prolazi sa usmeravajućima ogradama, mostovi i vijadukti, kontrolisano odvodnjavanje puta
Reptilia (gmizavci)	Zaštitne usmeravajuće ograde, saobraćajni znakovi, prelazi i prolazi, mostovi i vijadukti
Aves (ptice)	Zaštitne ograde, odgovarajuće ograde za zaštitu od buke
Pisces (ribe)	Odgovarajuća regulacija vodenih tokova, kontrolisano odvodnjavanje puta
Invertebrata (beskičmenjaci)	Odgovarajuće osvetljenje objekata

(Izvor: Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, JP "Putevi Srbije" Beograd, 2012. god.) [6]

Uspeh takvih struktura koje olakšavaju životinjama prelazak i izbegavanje puteva prvenstveno se odnosi na njihove dimenzije i lokaciju. Međutim, problem koji se javlja u vezi ekoloških prelaza je malo dobijenih povratnih informacija od koristi takvih struktura za kretanje. Primer ekoloških prelaza i prolaza dati su na sledećim slikama. [7]



Slika 4. Mađarski autoput sa ograđenim prelazom za životinje



Slika 5. Vodeni propust i mala cev iznad normalnog nivoa vode sa propustom u Češkoj



Slika 6. Prolazi sa integrisanim vodovima za sitne životinje u Holandiji



Slika 7. Tunel za vodozemce sa otvorenom mrežom na putu u Španiji

(Izvor: COST 341 Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure - Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions)

5. ZAKLJUČCI

1. Da bi se postigao održivi razvoj putne mreže usklađen sa zaštitom životne sredine, problemi sa aspekta sve veće ugroženosti živog sveta i stalnog trenda smanjenja broja vrsta, moraju se rešavati u ranim fazama planiranja izgradnje puteva i kroz razvoj projekata.

2. Planiranje putne mreže i dostupni alati i metode za procenu uticaja su od suštinskog značaja za obezbeđivanje kompatibilnosti iste sa ekološkom mrežom, kao i za ublažavanje potencijalnih negativnih i kumulativnih uticaja na biodiverzitet.

3. Kod nas procena ekoloških uticaja je ograničena na razmatranje pojedinačnih vrsta, njihovih neposrednih staništa i opštih kategorija prirodnih resursa, kao što su kvalitet vode i vazduha. Iako je ovaj pristup pružio određenu zaštitu pojedinačnim vrstama i njihovim ekosistemima, nije adekvatan za regionalne ili globalne napore za zaštitu biodiverziteta. Zbog toga treba pristupiti proceni uticaja na ekosisteme koja predstavlja sredstvo za identifikaciju celokupnih potencijalnih resursa i interakcija koje se mogu javiti na datom prostoru.

4. Prilikom razmatranja štetnih uticaja puteva (izgradnje, sanacije, rekonstrukcije i održavanja) na funkciju ekosistema i biodiverziteta identifikovano je pet primarnih uticaja puteva koji su prikazani u ovom radu

4. Neke od negativnih uticaja na biodiverzitet, prvenstveno na faunu možemo ublažiti postavljanjem određenih tehničko-tehnoloških struktura.

5. Uspeh takvih struktura koje olakšavaju životinjama prelazak i izbegavanje puteva prvenstveno se odnosi na njihove dimenzije i lokaciju.

6. Problem koji se javlja u vezi ekoloških prelaza je malo dobijenih povratnih informacija od koristi takvih struktura za kretanje.

Literatura

[1] https://sr.wikipedia.org/wiki/Путна_мрежа_у_Србији

[2] <http://www.prirodnjackicentar.rs/edukativnicentar/biodiverzitet-srbije/>

[3] Publikacija o Projektu „Emerald mreža u Republici Srbiji“, Zavod za zaštitu prirode Srbije

[4] Biodiversity in environmental assessment -tools for impact prediction, M.Gontier 2005. god.

[5] Ecological Effects of Roads Implications for the internal fragmentation of Australian parks and reserves, A. Donaldson & A. Bennett, June 2004. god.

[6] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, JP "Putevi Srbije" Beograd, 2012. god.

[7] COST 341 Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure - Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions, Iuell, Bjørn (N) Co-ordinator, Bekker, Hans (G.J.) (NL), Cuperus, Ruud (NL), Dufek, Jiri (CZ), Fry, Gary (N), Hicks, Claire (UK), Hlaváč, Vaclav (CZ), Keller, Verena (CH), Rosell, Carme (E), Sangwine, Tony (UK), Tørsløv, Niels (DK), Wandall, Barbara le Maire (DK)

MONITORING ŽIVOTNE SREDINE U ZONI UTICAJA AUTOPUTA E-75, DEONICA BUBANJ POTOK – MALI POŽAREVAC

Gorica Aleksić Milosavljević¹, Snežana Radulović Jevremović², Vladan Tasić², Đorđe Mitrović³, Antonije Onjia⁴

¹ Saobraćajni institut CIP d.o.o., Nemanjina 6/4, Beograd, aleksicg@sicip-trg.com

² Institut za puteve a.d. Beograd, Kumodraška 257, Beograd, s.radulovicjevremovic@highway.rs

² Institut za puteve a.d. Beograd, Kumodraška 257, Beograd, v.tasic@highway.rs

³ JP"Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, djordje.mitrovic@putevi-srbije.rs

⁴ Anahem d.o.o., Mocartova 10, Beograd, onjia@anahem.org

Rezime: Projektovanje i sprovođenje monitoringa kvaliteta životne sredine u zoni uticaja autoputa omogućava dobijanje informacija od značaja za preduzimanje odgovarajućih mera zaštite kako bi se sprečila ili smanjila dalja degradacija kvaliteta životne sredine i uspostavio sistem ranog upozoravanja. U ovom radu prikazani su rezultati "Projekta praćenja stanja životne sredine u putnom pojasu autoputa E-75, deonica Bujanj Potok – Mali Požarevac" koji je urađen od strane Instituta za puteve a.d. i Saobraćajnog instituta CIP d.o.o., a za potrebe JP"Putevi Srbije". Početna analiza se odnosila na sagledavanje karakteristika posmatrane deonice autoputa, saobraćajnog opterećenja, kao i osetljivosti područja kroz koje trasa autoputa prolazi. Za potrebe projekta od strane akreditovanih laboratorija izvršeno je određivanje "nultog stanja" životne sredine, tj. ispitivanje kvaliteta vazduha, zemljišta, površinskih i podzemnih voda, kao i merenje nivoa komunalne buke. Rezultati sprovedenih ispitivanja ukazuju na nizak stepen zagađenja životne sredine, s obzirom na rang saobraćajnice i vremenski period njene eksploatacije. Na osnovu sagledavanja stanja životne sredine, prisutnih sadržaja i namene površina na posmatranom prostoru urađen je projekat monitoringa za svaku komponentu životne sredine za period od sedam godina. Na osnovu sprovedenog monitoringa životne sredine, moguće je donošenje zaključaka o trendovima zagađenja, kao i o daljim koracima koje treba sprovesti kada je u pitanju praćenje stanja životne sredine u zoni uticaja autoputa.

Ključne reči: životna sredina, uticaj autoputa, "nulto stanje", monitoring vazduha, zemljišta, voda i komunalne buke

ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE HIGHWAY AREA

Gorica Aleksić Milosavljević¹, Snežana Radulović Jevremović², Vladan Tasić², Đorđe Mitrović³, Antonije Onjia⁴

¹ Saobraćajni institut CIP d.o.o., Nemanjina 6/4, Beograd, aleksicg@sicip-trg.com

² Institut za puteve ad Beograd, Kumodraška 257, Beograd, s.radulovicjevremovic@highway.rs

² Institut za puteve a.d. Beograd, Kumodraška 257, Beograd, v.tasic@highway.rs

³ JP"Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, djordje.mitrovic@putevi-srbije.rs

⁴ Anahem d.o.o., Mocartova 10, Beograd, onjia@anahem.org

Abstract: Design and monitoring of environmental quality in the highway area provide information of importance for implementation of appropriate protective measures to prevent or minimize further degradation of environmental quality and establish the early warning system. This paper presents the results of the "Project for environmental monitoring in the road reserve of the E-75 highway, Bujanj Potok - Mali Pozarevac section" prepared by "Institut za puteve" and "Saobraćajni institut CIP" for the Client - JP "Putevi Srbije". The initial analysis dealt with characteristics of the monitored highway section, traffic flow and sensitivity of the areas along the highway route. In this Project, the accredited laboratories analyzed the "zero status" of the environment, i.e. quality of air, soil, surface and groundwater quality was tested and the noise pollution measured. The test results show a low level of environmental pollution, given the road class and its period of operation. Based on the analysis of the environmental quality, highway service facilities and land use in the studied area, the monitoring procedures for each environmental component for the period of seven years was established. Based on the conducted environmental monitoring, it is possible to make conclusions on the trends of pollution as well as on the further steps to be taken related to monitoring of the environment in the highway area.

Keywords: environment, impact of the highway, "zero status", monitoring of air, soil, water and communal noise

¹ Autor zadužen za korespondenciju: aleksicg@sicip-trg.com

1. UVOD

Monitoring životne sredine u zoni uticaja autoputeva, neophodno je sprovesti u svim fazama njihovog postojanja, počev od faze projektovanja određivanjem "nutog stanja", preko faza izgradnje, eksploatacije, redovnog i periodičnog održavanja, pojačanog održavanja i rekonstrukcije.

Uspostavljanju sistema praćenja stanja životne sredine u zoni uticaja autoputeva, prethodi izrada Plana monitoringa, uz uvažavanje osnovnih principa:

- Zaštita ekoloških potencijala tj. očuvanje kvaliteta životne sredine, zahteva sprovođenje monitoringa kao jedinog načina za sistematsko pribavljanje informacija o promenama stanja životne sredine tokom eksploatacije autoputa;
- Ekonomičnost je princip koji se primenjuje kako bi se suzila mogućnost improvizacije u donošenju odluka o merama zaštite, sprečila primena nepotrebnih i prekomernih mera i proverila efikasnost sprovedenih mera. Ekonomičnost je značajan princip pri određivanju prioriteta aktivnosti;
- Objektivnost je princip čija primena obezbeđuje da rezultati monitoringa budu uporedive fizičke veličine na osnovu kojih je moguće racionalno sagledavanje uticaja na svim mernim mestima duž putnog pravca, odnosno na celoj mreži;
- Pravovremenost - kontinuitet u praćenju stanja i analiziranju registrovanih parametara obezbeđuje mogućnost pravovremenog opažanja i odgovarajuće reakcije na uočenu degradaciju ekosistema, izazvanu prisustvom autoputa kao objekta ili aktivnostima na njemu;
- Ekološka odgovornost - primenom monitoringa Upravljač putne mreže prihvata aktivan odnos prema životnoj sredini, tako što može realno da sagleda stanje parametara životne sredine u zoni uticaja putne infrastrukture, a to je neophodan uslov da bi se ekološki potencijali zaštitili od degradacije;
- Primena novih naučno - tehnoloških saznanja – monitoring životne sredine u zoni uticaja putne infrastrukture je relativno mlada disciplina u Republici Srbiji i veoma može da pomogne u definisanju međuzavisnosti uticaja i posledica na ekološke potencijale, čime se olakšava modelovanje uticaja i primena odgovarajućih mera zaštite u projektnoj fazi.

Plan monitoringa kao i rezultati koji se dobiju implementacijom istog koriste se za:

- Ocene usklađenosti uticaja putne infrastrukture na životnu sredinu, sa vrednostima propisanim zakonskim i podzakonskim aktima;
- Preventivno delovanje na moguće zagađenje životne sredine koje može nastati kao rezultat eksploatacije, redovnog i periodičnog održavanja, pojačanog održavanja i rekonstrukcije putne infrastrukture;
- Potvrde stepena efikasnosti primenjenih mera zaštite životne sredine;
- Ocene uticaja putne infrastrukture na životnu sredinu;
- Obezbeđenja podataka neophodnih za izveštavanje prema Pravilniku o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka ("Sl. glasnik RS", br. 91/10, 10/13 i 98/16).

Osim za ove potrebe podaci monitoringa se mogu koristiti i u druge svrhe sve dok su jasni, uporedivi i upotrebljivi na adekvatan način – da se ne zloupotrebljavaju ili pogrešno interpretiraju.

2. METODOLOŠKI PRISTUP

U skladu sa Zakonom o zaštiti životne sredine ("Sl.glasnik RS", br. 135/04, 36/09, 72/09, 43/11 i 14/16) JP "Putevi Srbije" su dužni da preko ovlašćenih/akreditovanih laboratorija "prate indikatore emisija, odnosno indikatore uticaja svojih aktivnosti na životnu sredinu, indikatore efikasnosti primenjenih mera prevencije nastanka ili smanjenja nivoa zagađenja" tj. da vrše monitoring životne sredine u zoni uticaja državnih puteva. Pored obaveza iz Zakona o zaštiti životne sredine neophodno je uzeti u obzir i druge zakonske i podzakonske propise koji se odnose na monitoring. Plan monitoringa ne predstavlja samo ispunjavanje zakonskih obaveza, već upravljački instrument kojim se obezbeđuje preduzimanje preventivnih mera usmerenih na sprečavanje zagađenja životne sredine u zoni uticaja putne infrastrukture. Predmetnim Planom monitoringa potrebno je definisati program monitoringa za svaku komponentu životne sredine koja može biti ugrožena putnom infrastrukturom, posebno: odgovarajuće zakonske osnove koje se odnose na postupke uzorkovanja i monitoringa, metode izvođenja monitoringa, lokacije mesta za uzorkovanje, vreme uzorkovanja i vremensku dužinu uzorkovanja i trajanje monitoringa [1].

Plan monitoringa životne sredine u zoni uticaja putne infrastrukture se radi na osnovu: raspoložive tehničke dokumentacije; naučnih i tehničko - tehnoloških saznanja o vrstama emisija koje se generišu od drumskog saobraćaja; iskustva na ranije realizovanim studijama procene uticaja na životnu sredinu; uvažavanja standarda za upravljanje sistemom zaštite životne sredine ISO 14001; analize raspoloživih studija monitoringa osnovnih činilaca životne sredine u zoni uticaja putne infrastrukture; analize raspoloživih podataka o karakterizaciji i kategorizaciji otpada koji se generišu prilikom eksploatacije, redovnog i periodičnog održavanja, pojačanog održavanja i rekonstrukcije putne infrastrukture i sprovedenih terenskih istraživanja.

Plan monitoringa sadrži:

- Parametre na osnovu kojih se mogu utvrditi štetni uticaji na životnu sredinu, koji se definišu na osnovu zakonske regulative, važećih standarda i tehničkih normi, kao i raspoloživih podataka o stanju životne sredine, identifikacije i kvantifikacije pojedinih izvora zagađenja.
- Mesta, način i učestalost merenja definisanih parametara. Definisane mesta, načina i učestalosti merenja utvrđenih parametara treba sprovoditi u skladu sa odgovarajućim propisima i standardima. Merenja kvaliteta činilaca životne sredine mogu da vrše samo akreditovane laboratorije.
- Institucionalne odgovornosti, troškovi. Plan monitoringa navodi i institucionalne odgovornosti, tamo gde je moguće, daje procenjene ili indikativne troškove kako bi se osiguralo adekvatno finansiranje za vođenje monitoringa.

3. MONITORING ŽIVOTNE SREDINE U ZONI UTICAJA AUTOPUTA E-75, DEONICA BUBANJ POTOK – MALI POŽAREVAC

"Projekat praćenja stanja životne sredine u zoni uticaja autoputa E-75, deonica Bujanj Potok – Mali Požarevac" je urađen 2015 godine od strane Instituta za puteve a.d. i Saobraćajnog instituta CIP d.o.o., a za potrebe JP"Putevi Srbije" [2]. Za određivanje "nultog stanja" koje je istovremeno "početno" i "zatečeno stanje" vazduha, zemljišta, površinskih i podzemnih voda bila je angažovana akreditovana laboratorija Anahem d.o.o. iz Beograda, dok je merenje nivoa buke izvršila akreditovana laboratorija Saobraćajnog instituta CIP.

Ciljevi izrade Projekta su bili da se:

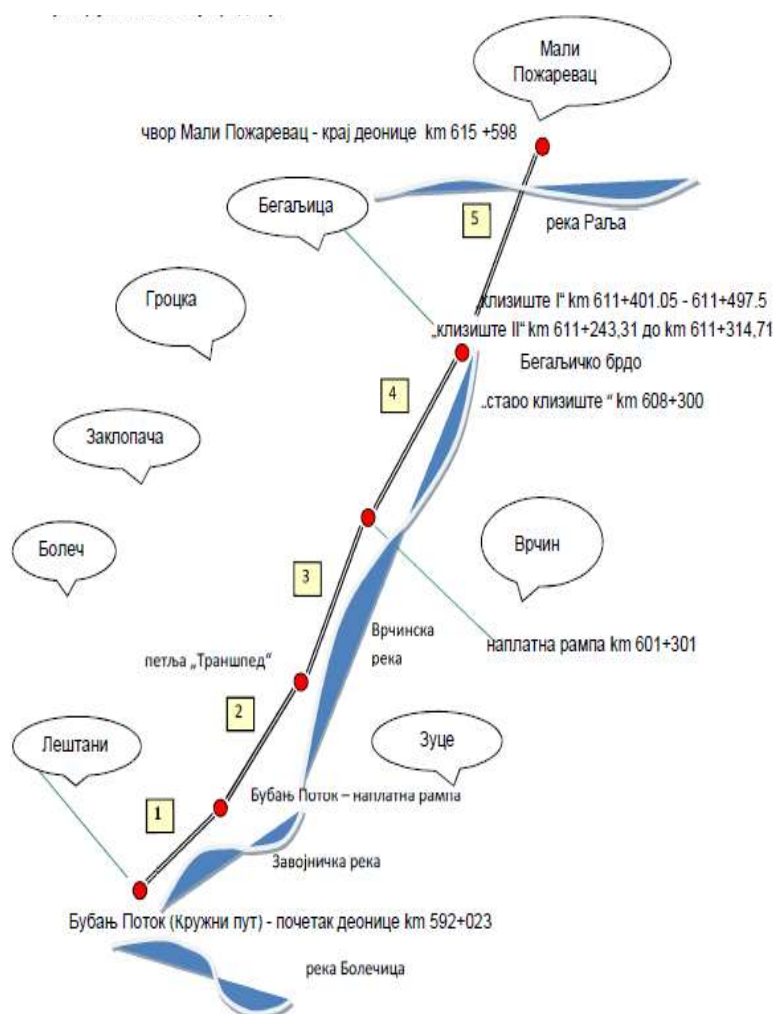
- na osnovu analize primenjenih konstruktivnih elemenata, opreme puta i pratećih sadržaja, karakteristika saobraćajnog opterećenja, namene površina i ekoloških potencijala u zoni uticaja predmetne deonice autoputa, utvrdi vid i stepen ugroženosti životne sredine;
- odredi optimalan broj mernih mesta, parametara i načina kao i dinamika merenja u cilju utvrđivanja degradacije stanja životne sredine od uticaja puta i svih aktivnosti vezanih za njegovo korišćenje;
- sagleda angažovanje ljudskih i materijalnih resursa potrebnih za ostvarivanje programa praćenja stanja životne sredine na prostoru uticaja predmetne deonice;
- prikupljanjem arhivskih podataka, kao i osmatranjem, uzorkovanjem i analizom parametara na mestima utvrđenim Projektom, sagleda trenutno stanje životne sredine i proceni stepen degradacije uzrokovan prisustvom i eksploatacijom predmetne deonice autoputa.

Krajnji cilj izrade Projekta je formiranje informacionog sistema monitoringa uticaja autoputa na kvalitet životne sredine.

3.1. Saobraćajno-tehničke karakteristike

Početna analiza se odnosila na sagledavanje saobraćajno-tehničkih karakteristika posmatrane deonice autoputa, pre svega obima saobraćaja koji se na njoj odvija [3]. Šematski prikaz istražnog prostora duž deonice Bujanj Potok - Mali Požarevac dat je na slici 1.

Deonica Bujanj Potok - Mali Požarevac nalazi se na državnom putu IA reda broj 1 koji pripada koridoru X Evropske mreže puteva. Bazno saobraćajno opterećenje predmetnih poddeonica je saobraćaj iz 2013. Godine i ono iznosi 29000 – 33000 voz/dan [4].



Slika 1. Šema istražnog prostora duž deonice Buban Potok - Mali Požarevac.

3.2. Osetljivost životne sredine u koridoru autoputa E-75, deonica Buban Potok – Mali Požarevac

Osetljivost životne sredine u koridoru predmetne deonice je uslovljena pre svega karakteristikama terena, naseljenošću područja, namenom i korišćenjem zemljišta, potencijalom površinskih i podzemnih voda, zastupljenošću biljnog i životinjskog sveta, prirodnog i kulturnog nasleđa. Oblast je ograničena rekom Dunav na severoistoku, dolinom Zavojničke reke, Avalom i „Šumadijsko - mezozojskom gredom“ na zapadu i rekom Raľjom na jugu. Oblast u celosti pripada području Šumadije, tačnije prostoru koji se pruža južno od Beograda do Malog Požarevca. Duž predmetne deonice autoputa, u naseljenim mestima, konstatovano je da značajan broj domaćinstava ima bunare, koji se uglavnom ne koriste ili se koriste za zalivanje bašta. To je tako od kako su naselja uz autoput priključena na vodovod. Ipak, nije usamljen slučaj da domaćinstva isključivo koriste bunarsku vodu.

Na razmatranom području nalaze se tri naselja: Zuce, Vrčin i Mali Požarevac sa 12500 stanovnika prema popisu iz 2011. godine. Meštani se bave poljoprivredom, voćarstvom, trgovinom ili rade u prerađivačkoj industriji, saobraćaju i skladištenju.

Na osnovu javno dostupnih podataka, na području uticaja predmetne deonice autoputa, nema zaštićenih prirodnih i kulturnih dobara. U prethodnom tekstu, navedene su crkve i spomenici koji se nalaze u okolnim naseljima ali nisu pod režimom zaštite i nisu pod uticajem autoputa.

U prostornim granicama istraživanja najzastupljenije su obradive površine. To su parcele srednjih i malih površina na kojima se primenjuje višestruka obrada tla, đubrenje, prskanje i dr. Na međama oko obradivih površina rastu bagrem, pavit, trnovac i kupine. Pravih šumskih površina gotovo da i nema. Šume su se tokom godina iskrčile i ustupile mesto obradivim površinama i livadama. Na manjim površinama nalaze se

ostaci nekadašnjih šuma sladuna i cera. Na osnovu informacija dobijenih od nadležnih lovačkih udruženja („Ripanj“, „Dunav“ i „Kosmaj“) u istraživanom području od lovni vrsta prisutni su zec, srneća divljač, divlja svinja, lisica, šakal, fazan, prepelica, jarebica i patka. Na osnovu podataka dobijenih od lovočuvara, krupna divljač rado koristi postojeće pločaste propuste i nesmetano prelazi u drugi deo lovišta koji se prostiru sa obe strane autoputa.

3.3. Plan monitoringa životne sredine

Na osnovu tehničkih karakteristika predmetne deonice autoputa, njenog saobraćajnog opterećenja, osetljivosti lokacije sa aspekta zaštite životne sredine i tehničko-tehnoloških saznanja o vrstama emisija koje se generišu od drumskog saobraćaja urađen je plan monitoringa životne sredine u zoni uticaja deonice.

3.3.1. Monitoring zemljišta

Lokalitet monitoringa izabran je tako da bude pogodan za postizanje cilja projekta uz poštovanje geološke podloge, pedološke podloge, vegetacije i načina korišćenja zemljišta, topografije, klime i staništa. Drugi važan kriterijum je antropogeni uticaj i prirodni pedogeohemijski uslovi.

Degradacija zemljišta

Kada govorimo o praćenju uticaja predmetne deonice autoputa na degradaciju zemljišta, dosadašnja saznanja, istraživanja i monitoring su od presudnog značaja. Potvrđena je činjenica da je staro, ranije formirano klizište ("Begaljičko brdo"), reaktivirano izgradnjom autoputskog nasipa. Aktivno klizište, površine oko 16 ha i dubine 14,50 - 21,50 m, karakteriše vrlo sporo translatorno pomeranje, od autoputa ka Vrčinskoj reci, za godinu dana oko 3,3 cm. Pošto su deformacije vrlo spore i male, stav projekatnata Zavoda za geotehniku, Instituta za puteve a.d. je da za sada, osim redovnog održavanja i neophodnih popravki, nije potrebno raditi radikalne sanacione mere. Postojeće kanale i šahte za prikupljanje površinskih voda nadgledati i održavati u ispravnom stanju, u sklopu redovnog tehničkog održavanja autoputa. Takođe, sve pukotine u trupu (nasipu) autoputa treba redovno sanirati, kako bi se sprečilo ulivanje atmosferske vode u telo klizišta. Redovna, vizuelna i instrumentalna osmatranja klizišta treba nastaviti zbog neophodnosti stalnog poznavanja stanja stabilnosti i alarmiranja nadležnih službi zaduženih za ispravnost autoputa i bezbedno odvijanje saobraćaja.

Kvalitet zemljišta

Pošto su predznanja o postojećem kvalitetu zemljišta oskudna i neadekvatna, moraju se izvršiti preliminarna ispitivanja u fazi eksploatacije predmetne deonice. Program praćenja prisustva indikatora zagađenja zemljišta koji potiču od saobraćaja, obuhvata analizu sledećih parametara: pH vrednost, raspored veličine čestica, sadržaj teških metala (arsen (As), kadmijum (Cd), hrom (Cr), živa (Hg), cink (Zn)), kao i sadržaj hlora - samo za merna mesta u okviru putnog pojasa.

Lokacije mernih mesta za praćenje prisustva indikatora zagađenja zemljišta, su određene u odnosu na mikroklimatske, topografske i hidrološke karakteristike terena, osobine i namenu zemljišta i prisustvo i tip vegetacije, a po obilasku terena. Praćenje uticaja eksploatacije deonice autoputa IA reda, Bubanji Potok - Mali Požarevac na kvalitet zemljišta, treba vršiti u zoni od 100 m od ivice kolovoza, tj. u zoni mogućih uticaja.

Programom monitoringa obuhvaćene su četiri reprezentativne lokacije na kojima su raspoređena po tri merna mesta na različitoj udaljenosti od izvora zagađenja. Predviđeno je da ukupan broj uzetih uzoraka po jednom izlasku na teren bude 12 (4 lokaliteta sa po 3 uzorka raspoređena po projektom zadatom rasporedu). Uzima se kompozitni uzorak zemljišta, od najmanje 20 pojedinačnih uzoraka sa dubine od 0 do 30 cm. Uzorci se uzimaju sondom ili ašovom. Od pojedinačnih uzoraka postupkom homogenizacije dobija se jedan prosečan uzorak. Ovako pripremljen uzorak se stavlja u PVC kese, označava i transportuje u laboratoriju na analizu. Nakon uzimanja uzorka potrebno je sanirati mesta uzorkovanja vraćanjem mernog mesta u prvobitno stanje (zatrtati rupe i vratiti travnati sloj kako se ne bi ugrozila stabilnost nasipa u smislu pojave erozije ili spiranja zemljišta).

3.3.2. Monitoring voda

Merenje kvaliteta vode recipijenta - vodotokovi koji pripadaju slivu reke Dunav - reka Zavojnička - Bolečica, Vrčinska reka i slivu Velike Morave - reka Ralja a koji protiču u neposrednoj blizini autoputa E-75, deonice

Bubanj Potok - Mali Požarevac, zatim kvaliteta podzemne vode (bunari za individualno vodosnabdevanje kojih ima u blizini predmetnog autoputa), kao i sedimenata dna rečnih korita gore pomenutih vodotokova, ima za cilj sagledavanje uticaja otpadnih voda koje otiču sa kolovoza na kvalitet vode recipijenta.

Površinske vode

Pri laboratorijskoj analizi uzoraka, imajući u vidu i vrstu polutanata koji su prisutni u vodi koja se sliva niz kolovoznu površinu, potrebno je odrediti sledeće parametre: pH; temperaturu; elektroprovodljivost; mutnoću; suspendovane materije; utrošak KMnO₄; rastvoreni kiseonik, mineralna ulja; ukupni organski ugljenik, ukupno olovo, arsen, živu, ukupni kadmijum, otpadne materije. Prilikom uzimanja uzorka treba obezbediti podatke: o promeni boje, vidljivim otpadnim materijama, o prisustvu i vrsti mirisa, o temperaturi vazduha i vode, i drugim karakterističnim zapažanjima. Kako se u konkretnom slučaju u ne sprovodi redovni monitoring na vodotokovima u neposrednoj blizini trase, predložena su tri merna mesta, jedno na Vrčinskoj reci i dva na reci Ralji na kojima se može identifikovati uticaj autoputa i odrediti "nulto-zatečeno stanje": Uzorke treba uzimati uzvodno i nizvodno od mesta uliva atmosferskih otpadnih voda. Za potrebe Projekta praćenja stanja merenje je sprovedeno početkom leta, posle kišnog perioda. Kako bi se postojeće stanje definisalo u potpunosti, potrebno je obaviti uzorkovanja i analize i u periodu malih proticaja, zbog toga u narednoj godini treba ponoviti uzorkovanja u periodu visokih vodostaja i u periodu malih voda. Ukoliko rezultati analiza ne odstupaju značajno u odnosu na analize prikazane u projektu, uzorkovanja i analize uraditi nakon tri godine kao i na kraju programa praćenja uticaja (sedme godine).

Podzemne vode

Paralelno sa kontrolom kvaliteta zemljišta potrebno je pratiti i kvalitet podzemnih voda. Kvalitet podzemnih voda zahteva praćenje polutanata koji su prisutni i u zemljištu, a u cilju određivanja uticaja zagađenja zemljišta na zagađenje podzemnih voda. Korisnici podzemnih voda su dužni da izvrše merenja osnovnog (nultog) nivoa za zagađujuće materije, jone ili indikatore koji su prirodnog porekla i/ili njihovo prisustvo u podzemnim vodama može biti posledica ljudske aktivnosti i to: arsena, kadmijuma, olova, žive, amonijuma, hlorida, sulfata, trihloretilena, tetrahloretilena, vinilhlorida i elektroprovodljivosti. Pri laboratorijskoj analizi uzoraka podzemnih voda u zoni uticaja autoputa treba odrediti sledeće parametre: pH; mutnoću; provodljivost; suspendovane čestice; mineralna ulja; sadržaj teških metala i hlorida. Uzorkovanje podzemnih voda je najlakše obaviti uzimanjem uzoraka vode iz postojećih bunara. Za potrebe projekta izabrano je merno mesto u zoni klizišta „Begaljičko brdo II“, jer na toj lokaciji već postoje betonirani bunari koji služe za snižavanje nivoa podzemne vode. Neki od tih bunara su pogodni za uzimanje uzoraka podzemne vode.

3.3.3. Monitoring vazduha

Cilj osnovnog programa praćenja kvaliteta vazduha jeste utvrđivanje dugoročnih trendova aerozagađenja da bi se utvrdio stepen poboljšanja ili pogoršanja kvaliteta vazduha u naseljenim mestima duž koridora autoputa E-75, deonica Bubanj Potok - Mali Požarevac. Istraživano područje nije pokriveno ni državnim ni lokalnom mrežom za kontinualno praćenje kvaliteta vazduha (imisije), tako da ne postoje arhivski podaci o kvalitetu vazduha, pa je neophodno obaviti ciljna merenja kvaliteta vazduha u naseljima Vrčin i Mali Požarevac, a koja se nalaze u zoni uticaja autoputa E-75. Monitoringom vazduha potrebno je obuhvatiti sledeće parametre: azotdioksid (NO₂), sumpordioksid (SO₂) i suspendovane čestice PM₁₀ i PM_{2.5}.

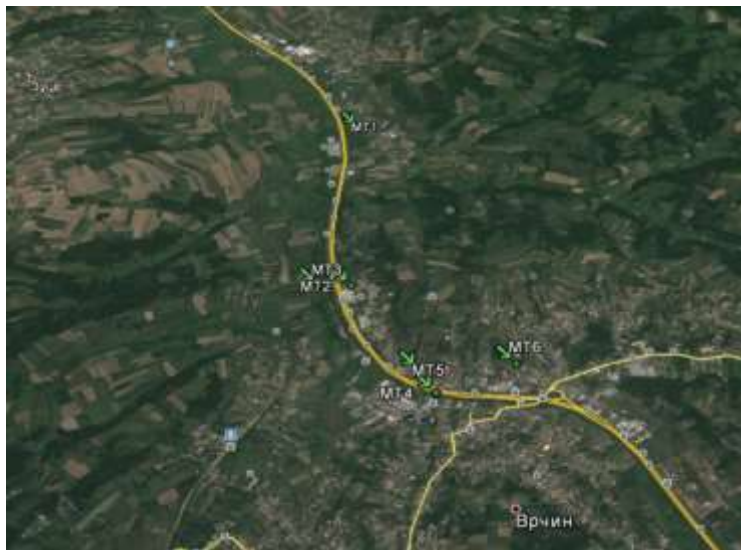
Raspored mernih mesta je određen u zavisnosti od područja na kome se ispituje kvalitet vazduha, od rasporeda i vrste izvora zagađivanja, gustine naseljenosti, topografije terena i meteoroloških uslova. Da bi se došlo do validnih zaključaka o uticaju autoputa na kvalitet vazduha, tj. o postojećem stanju predviđena su 2 merna mesta na kojima su stambeni objekti smešteni u blizini trase. Da bi se utvrdili trendovi zagađenja vazduha neophodni su podaci merenja za najmanje pet uzastopnih godina. U tom periodu potrebno je vršiti periodično praćenje kvaliteta vazduha, četiri puta godišnje: 1 mesec u sezoni (januar, april, jul, oktobar)). Period merenja je 24 sata. Period usrednjavanja 24 sata.

Ukoliko rezultati merenja ne ukažu na prekoračenje graničnih vrednosti propisanih Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, listu polutanata treba korigovati i nastaviti praćenje po korigovanoj listi naredne 2 godine merenjem koncentracija: azotdioksida (NO₂) i suspendovanih čestica PM_{2.5}. Samo ako rezultati merenja ukažu na neophodnost daljeg praćenja kvaliteta vazduha treba vršiti trajno praćenje kvaliteta vazduha tj. pristupiti sprovođenju druge faze monitoringa.

3.3.4. Monitoring buke

Monitoringom buke potrebno je utvrditi nivo buke na izvoru (autoputska saobraćajnica), kao i nivoe buke u njenoj okolini tj. rasprostiranje buke koje zavisi od atmosferskih uslova, geometrije terena i postojanja akustičkih prepreka. Prilikom sprovođenja merenja paralelno je praćeno saobraćajno opterećenje i meteorološki parametri. Pošto varijacije saobraćajnog opterećenja na posmatranim poddeonicama ne prelaze 10% predviđeno je jedno merno mesto. Razlike u nivoima buke zbog promene obima saobraćaja, uz pretpostavku da se ostali parametri saobraćajnog toka ne menjaju, ne prelaze 0,4 dB.

Prilikom izbora lokacija mernih tačaka birana su mesta koja predstavljaju akustički reprezentativne lokacije na kojima borave i rade ljudi i gde ne postoje veće prepreke u prostiranju zvuka između izvora buke i imisione tačke. Raspored mernih tačaka na kojima treba sprovesti monitoring buke na poddeonici Tranšped - Vrčin prikazan je na slici 2.



Slika 2. Raspored mernih tačaka za monitoring buke, poddeonica Tranšped - Vrčin.

Prilikom sprovođenja merenja nivoa buke utvrđuju se sledeći parametri:

- L_{AFeq} - vrednost ekvivalentnog nivoa buke;
- L_{AFmax} - maksimalna vrednost nivoa buke;
- L_{AFmin} - minimalna vrednost nivoa buke;
- Statistički nivoi od L_{AF1} do L_{AF99} - nivo buke gde u toku od 1% do 99% intervala merenja, sukcesivno,
- L_E - nivo izloženosti zvuku;
- L_R - nivo ocenjivanja-vrednost merodavnog nivoa buke;
- L_{den} - nivo buke za vremenski period "dan-veče-noć" (24 h);
- L_{day} - nivo buke za vremenski period "dan" od 6 h - 18 h;
- $L_{evening}$ - nivo buke za vremenski period "veče" od 18 h - 22 h;
- L_{night} - nivo buke za vremenski period "noć" od 22 h - 6 h;
- Vremenski tok promene zvučnog pritiska;
- Vrednosti nivoa buke po oktavama.

U cilju uspostavljanja monitoringa, merenje nivoa buke na predloženim mernim tačkama potrebno je sprovesti najmanje jedanput u toku pet kalendarskih godina. Predloženi interval između merenja nivoa buke može se smanjiti, odnosno uvesti dodatna merenja u slučaju da se na posmatranoj deonici u međuvremenu promeni saobraćajno opterećenje, promeni sastav saobraćajnog toka, promeni njegova prosečna brzina ili se desi neka druga promena u toj meri da se može očekivati promena postojećih nivoa buke za više od 2 dB.

3.3.5. Monitoring flore i faune

Zatečeno stanje zajednica autohtonih biljnih vrsta, stanje prisutnih biocenoza vlažnih staništa i stanje kultivisanih površina (agro kompleksa) rezultat su dugogodišnjeg prilagođavanja uslovima životne sredine koji su nastali kao posledica odvijanja saobraćaja u dugom vremenskom periodu. Značajne adaptacije

biljnog sveta na uslove životne sredine kako u blizini autoputa tako i u okviru samog putnog pojasa već su završene jer se putni pravac eksploatiše oko 40 godina.

Predviđena dinamika uzorkovanja i merenja koja je navedena u programima praćenja stanja zemljišta i vazduha, obuhvata 6 terenskih obilazaka predmetne deonice, raspoređenih kvartalno. Zastupljeno je svako godišnje doba u programu praćenja stanja vazduha - 4 izlaska na teren, i dva izlaska na teren (mart i oktobar) predviđena programom praćenja stanja zemljišta, tako da bi ta dinamika odgovarala i dinamici vizuelnog praćenja stanja vegetacije s tim što je obilazak terena potrebno dokumentovati izveštajem.

Ukoliko se uoče značajne promene namene zemljišta, sušenja delova autohtonih biljnih zajednica, isušivanje i poremećaji vodnog režima koji je karakterističan za desnu stranu autoputa u smeru Beograd-Mali Požarevac, ili se uoče neki drugi poremećaji koji se odnose na stanje vegetacije i biljnih zajednica, potrebno je sprovesti detaljnije praćenje. U tom slučaju na predmetnoj deonici primenio bi se program praćenja-monitoring biljnog sveta koji obuhvata praćenje i kvantifikaciju sledećih parametara:

- Inventar biljnih vrsta/katastar u koordinaciji sa dostupnim GIS12 podacima o biološkom monitoringu,
- Evidenciju osetljivih i ugroženih vrsta na utvrđenim staništima od strane Zavoda za zaštitu prirode i IUCN crvene liste ugroženih vrsta,
- Konzervacijski status vrsta (nacionalni i internacionalni),
- Procenu gustine i distribucije indikatorskih vrsta,
- Površinu područja koje zauzimaju indikatorske vrste,
- Strukturu (gustina, brojnost) i očuvanost populacija,
- Gustinu (distribucija i brojnost) invazivnih alohtonih vrsta,
- Integritet biocenoza.

Parametri koji se trebaju pratiti su:

- Površina šuma i drugog šumskog zemljišta i/ili zapremina drveta na kojima je izazvana šteta, klasifikovana prema tipu šume, šumske zajednice ili vrste,
- Površina vlažnog staništa i/ili zapremina biljnih vrsta na kojima je izazvana šteta,
- Depozicija zagađujućih materija iz vazduha u šumsko zemljište i zdravstveno stanje šuma,
- Količina hlorida u zemljištu i podzemnim vodama tokom zimskog perioda,
- Sprovođenje mera zaštite i kompenzacije.

U kontaktima sa lokalnim lovačkim društvima došlo se do informacije da je do stradanja životinja, tokom eksploatacije autoputa, na posmatranoj deonici, dolazilo na mestima gde je žičana ograda oštećena. Kako je održavanje žičane ograde u nadležnosti JP "Putevi Srbije" potrebno je uspostaviti dobru komunikaciju ovog preduzeća i lokalnih Lovачkih udruženja koja gazduju lovištima kroz koja prolazi navedena deonica autoputa.

Pločaste propuste koje divljač rado koristi da nesmetano prelazi u drugi deo lovišta koji se prostiru sa obe strane autoputa, kao i cevaste propuste koje koriste sitne životinje za prolaz ispod autoputa potrebno je održavati u prohodnom stanju. Efikasnost postojećih pločastih prolaza, jednom godišnje treba pratiti na jedan od mogućih načina :

- krupniji sisari: celokupna površina prolaza prekriva se slojem peska ili mermernog praha ili se prate stope u snegu;
- manji sisari, glodari: prolazi se prekrivaju mastilom ili ugljem;
- pravljenje fotografskih i video zapisa pomoću infracrvenog svetla, tokom noći, pomoću senzora koji se aktiviraju pri prelasku životinja;
- postavljanje infracrvenih detektora kretanja životinja;
- postavljanje fluorescentnog mastila na ulazu ili u blizini prolaza.

Ako se ustanovi da određene prolaze životinje radije i češće koriste onda je potrebno više se fokusirati i češće pratiti efikasnost propusta koji su slabije iskorišćeni da bi se ustanovilo šta je uzrok ovome.

4. REZULTATI ODREĐIVANJA "NULTOG - ZATEČENOG STANJA" ŽIVOTNE SREDINE

4.1. Rezultati određivanja "nultog-zatečenog stanja" zemljišta

Uzimajući u obzir činjenicu da su uzorci uzeti sa lokacija na kojima dominira uticaj saobraćaja koji se odvija na predmetnom putnom pravcu i činjenicu da se saobraćajnica eksploatiše dugi niz godina (deonica je za saobraćaj otvorena 1978. godine) dobijeni rezultati se mogu sagledati na sledeći način:

- Sadržaj Hg, sve dobijene vrednosti se kreću ispod 0,1 mg/kg, bez obzira na udaljenost mesta uzorkovanja od saobraćajnice što ukazuje na neznatan uticaj saobraćaja predmetne deonice na kontaminaciju zemljišta živom u pojasu od 0-100 m.
- Sadržaja Cd u uzorcima zemljišta na svim ispitivanim lokalitetima je ispod MDK. Dobijene vrednosti se kreću ispod 0,2 mg/kg, bez obzira na udaljenost mesta uzorkovanja od saobraćajnice što ukazuje na pretežno geološko poreklo ovog elementa.
- Dobijeni rezultati ukazuju da je sadržaj Cr daleko ispod granične vrednosti u svim analiziranim uzorcima. U proseku, najveća koncentracija hroma izmerena je na lokaciji 2, poddeonica od Tranšpeda do Vrčina u blizini ciglane i poljoprivrednih površina.
- Sadržaj Cu: u ispitivanim uzorcima koncentracija se kretala od 17 mg/kg do 23 mg/kg. U samo jednom uzorku, lokalitet 3, merno mesto u okviru putnog pojasa, sadržao je 41 mg/kg bakra. To je vrednost iznad granične vrednosti koncentracije koja ukazuje na mogućnost kontaminacije zemljišta bakrom. S obzirom da su izmerene vrednosti u uzorcima uzetim sa 50 i 100 metara od saobraćajnice za 50% niže u odnosu na vrednost iz uzorka zemljišta uzetog iz putnog pojasa, dolazi se do zaključka da je prisustvo bakra antropogenog porekla, a pretpostavka je da vodi poreklo od nekog zaostalog građevinskog materijala ili materijala koji je korišćen za nasipanje i poravnavanje terena. Na to ukazuju i izmerene vrednosti olova i cinka koje samo u tom uzorku pokazuju značajnije odstupanje u odnosu na izmerene vrednosti iz ostalih uzoraka, a uzimajući u obzir činjenicu da su tehničko-eksploatacione karakteristike iste za sve tri deonice.
- Koncentracija Ni u ispitivanim uzorcima kreće se od 38 do 104 mg/kg, tj. koncentracije nikla u analiziranim uzorcima zemljišta su bile između granične i remedijacione vrednosti koje su definisane Uredbom o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa. Da li je prisustvo nikla geomorfološkog porekla ili je manjim ili većim delom antropogenog porekla, može se utvrditi dodatnim laboratorijskim ispitivanjem (određivanjem slobodnopristupačnog sadržaja nikla u EDTA ekstraktu). Sa obzirom da su dobijene vrednosti ispod remedijacione granice, u ovom slučaju biće dovoljno pratiti koncentracije nikla u narednom periodu kako je predviđeno Projektom praćenja stanja životne sredine.
- Sadržaj Pb: posle višedecenijske eksploatacije saobraćajnice rezultati analize uzoraka po pitanju njegovog sadržaja su više nego zadovoljavajuće. Koncentracija olova se kreće ispod granične vrednosti koja ukazuje na mogućnost kontaminacije, a samo jedan uzorak (lokalitet Vrčin - Mali Požarevac, merno mesto 1, u okviru putnog pojasa) pokazuje vrednost koja je iznad granične vrednosti. Poreklo olova na ovoj lokaciji je verovatno posledica kumulativnog delovanja uticaja saobraćaja na predmetnoj saobraćajnici i saobraćaja na lokalnom zemljanom putu koji je u neposrednoj blizini.
- Sadržaj Zn, u ispitivanim uzorcima zemljišta koncentracija cinka je bila ispod granične vrednosti osim u jednom uzorku - lokalitet Vrčin - Mali Požarevac, merno mesto 1, u okviru putnog pojasa, gde iznosi 120 mg/kg. Povećanje koncentracije cinka je posledica ljudske aktivnosti.
- Sadržaj policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH) - u svim uzorcima detektovano je prisustvo PAH-ova, s tim što se benzo(k)fluoranten i krizen nalaze u koncentraciji manjoj od 0,03 mg/kg, dok ostalih ima manje od 0,01 mg/kg. Benzo(k)fluoranten kao i krizen su produkti sagorevanja organske materije, prvenstveno se nalaze u izduvnim gasovima vozila na benzin i dizel gorivo. Nalaze se i u dimu, gareži i čađi.

4.2. Rezultati određivanja "nultog-zatečenog stanja" površinskih i podzemnih voda

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja površinskih voda, zaključak je da su u uzorku vode Vrčinske reke izmerene povećane koncentracije suspendovanih materija, utroška KMnO₄ i ukupnog organskog ugljenika, dok je koncentracija rastvorenog kiseonika niža od minimalno propisane koncentracije prema Uredbi o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“ br. 50/12). U uzorku vode reke Rajlje, uzvodno i nizvodno od autoputskog nadvožnjaka, izmerene su povećane koncentracije suspendovanih materija u odnosu na maksimalno dozvoljene koncentracije za reke II klase, propisane Uredbom o graničnim vrednostima zagađujućih materija

u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“ br. 50/12 Prilog 1, tabela 1 i 3).

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja podzemne vode, može se zaključiti da su izmerene koncentracije parametara ispod maksimalnih dozvoljenih koncentracija propisanih Uredbom o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa, Prilog 2: remedijacione vrednosti koncentracija opasnih i štetnih materija i vrednosti koje mogu ukazati na značajnu kontaminaciju podzemnih voda („Sl. glasnik RS“ br. 88/10). Kako zagađenje podzemne vode prati i zagađenje okolnog zemljišta, rezultati kontrole podzemnih voda se mogu analizirati kao relevantni za ocenu stanja zemljišta na lokaciji.

4.3. Rezultati određivanja "nultog-zatečenog stanja" vazduha

Upoređujući izmerene vrednosti ukupnih sedimentnih materija, azot dioksida i sumpor dioksida sa graničnim vrednostima (Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha ("Službeni glasnik RS", broj 11/10, 75/10 i 63/13)), može se zaključiti da su izmerene vrednosti NO₂, SO₂ i suspendovane čestice PM₁₀ i PM_{2.5} na navedenim mernim mestima, bile ispod propisanih graničnih vrednosti.

4.4 Rezultati monitoringa buke

Obuhvaćeno područje na kome su izvršena merenja nivoa buke nije akustički zonirano u skladu sa Uredbom o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini ("Sl. glasnik RS", br. 75/10). Kako bi mogla da se izvrši analiza dobijenih rezultata pretpostavljeno je da se sve merne tačke nalaze u Zoni 5 (Gradski centar, zanatska, trgovačka, administrativno-upravna zona sa stanovima, zona duž autoputeva, magistralnih i gradskih saobraćajnica) gde su granične vrednosti indikatora buke na otvorenom prostoru za dan i veče 65 dB(A), a za noć 55 dB(A). Rezultati merenja nivoa buke na autoputu E-75, deonica Bujanj Potok – Mali Požarevac, tj. merodavni nivoi buke za period dana, večeri, noći i dan-veče-noć prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati merenja nivoa buke u zoni uticaja autoputa E-75, deonica Bujanj Potok–Mali Požarevac

Merna tačka	Udaljenost od autoputa	L _{day}	L _{evening}	L _{night}	L _{den}
	[m]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]	[dB(A)]
MT 1	65	62,6	62,0	66,6	72,3
MT 2	50	67,4	66,7	64,3	71,5
MT 3	180	58,7	58,8	55,4	62,9
MT 4	60	60,8	59,8	58,5	65,4
MT 5	140	58,4	64,7	59,1	66,6
MT 6	25	69,2	68,8	68,2	74,8

Uočena je zakonitost da drumski saobraćaj na predmetnoj deonici autoputa proizvodi buku koja na udaljenosti do 50 m od ivice kolovoza prekoračuje dozvoljene vrednosti za period dana, večeri i noći. Takođe, na svim mernim tačkama, bez obzira na udaljenost od ivice kolovoza, buka od drumskog saobraćaja u periodu noći prekoračuje dozvoljene vrednosti. Da bi se smanjio negativan uticaj buke na stanovništvo potrebno je sprovesti mere zaštite od buke.

4.5. Rezultati određivanja "nultog-zatečenog stanja" flore i faune

Procentualna zastupljenost pojedinih kategorija namene površina u zoni uticaja autoputa (200 m levo i desno od osovine autoputa) na posmatranoj deonici prikazana je u tabeli 2.

Tabela 2. Procentualni prikaz namene površina u zoni uticaja autoputa E-75, deonica Bujanj Potok–Mali Požarevac

Namena	Kamen	Šume i žbunasta vegetacija	Livade	Naselja	Industrija	Obradive površine
%	0,3	11,1	23,3	4,4	6,6	54,3

Vegetacija, odnosno travnata površina koja se nalazi u granicama putnog pojasa i na odmorštima je tretirana redovnim merama održavanja. Dok se vegetacija u neposrednoj blizini autoputa, iza ograde, na

neobrađenim površinama razvija spontano, na obradivim površinama primenjuju se redovne agrotehničke mere. U toku suvog i toplog vremenskog perioda primećuje se na površini vegetacijskog pokrivača koji je u blizini autoputa, određena količina prašine koja kao bela prevlaka ostaje na nadzemnim delovima biljaka sve dok ih obilnije padavine ne speru.

U proteklih desetak godina, zabeleženo je više slučajeva stradanja divljači na autoputu. Kritična mesta su u blizini naplatne rampe Bubanji Potok i potez od Vrčina do Begaljičkog brda, gde je ukupno stradalo pet srndaća i dve divlje svinje. Do ovoga dolazi zbog razvaljene ili prosečene žičane ograde. Ogradu treba redovno kontrolisati i otklanjati sva eventualna oštećenja u najkraćem roku kako bi se sprečilo stradanje divljači.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu tehničkih karakteristika predmetne deonice autoputa, saobraćajnog opterećenja, osetljivosti lokacije sa aspekta zaštite životne sredine i tehničko-tehnoloških saznanja o vrstama emisija koje se generišu od drumskog saobraćaja urađen je plan monitoringa životne sredine u zoni uticaja autoputa E-75, deonica Bujanji Potok-Mali Požarevac.

Planom monitoringa obuhvaćen je monitoring vazduha, zemljišta, voda, nivoa buke i biljnog i životinjskog sveta tj. definisani su parametri pojedinih činilaca životne sredine na osnovu kojih se mogu utvrditi uticaji autoputa na životnu sredinu i stanovništvo u fazi eksploatacije. Određena su mesta za sprovođenje monitoringa, način i dinamika merenja, institucionalne odgovornosti i troškovi za sprovođenje monitoringa.

Započeta je realizacija plana monitoringa određivanjem "nultog-zatečenog stanja" od strane akreditovanih laboratorija. Rezultati sprovedenih analiza ukazuju na, neočekivano nizak stepen zagađenja životne sredine, s obzirom na dužinu eksploatacije posmatrane deonice autoputa – preko 35 godina. Ova činjenica, sa jedne strane, ohrabruje, a sa druge strane, navodi na oprez. Stoga je neophodno sprovesti monitoring životne sredine u zoni uticaja predmetne deonice autoputa u narednom periodu od sedam godina. Takođe treba razmotriti mogućnost da se u program monitoringa uključi još reprezentativnih deonica autoputa. Na taj način će se dobiti mogućnost upoređivanja dobijenih vrednosti i donošenje zaključaka o trendovima zagađenja, kao i o daljim koracima koje treba preduzeti kada je monitoring životne sredine u zoni uticaja autoputa u pitanju.

Literatura

- [1] Uputstvo za praćenje stanja životne sredine u putnom pojasu na mreži državnih puteva Republike Srbije, JP „Putevi Srbije”, Beograd 2014 godina;
- [2] Projekat praćenja stanja životne sredine u zoni uticaja autoputa E-75, deonica Bujanji Potok – Mali Požarevac", Instituta za puteve a.d. i Saobraćajnog instituta CIP d.o.o., Beograd 2015 godina;
- [3] Tehnička dokumentacija autoputa E-75, deonica Bujanji Potok-Mali Požarevac, Institut za puteve a.d., rađena u periodu 1976-2013 god. Beograd;
- [4] Brojanje saobraćaja na putevima Republike Srbije u 2013. godini, JP „Putevi Srbije”, Beograd (elektronska publikacija).

др. Марија Маленковска Тодорова, дипл.инж.саоб.
Технички факултет Битола, marija.malenkovska@uklo.edu.mk
др. Јасмина Буневска Талевска, дипл.инж.саоб.
Технички факултет Битола,
jbunevska@gmail.com

ZELENI PUTEVI – PAMETNO REŠENJE ZA ODRŽIVI RAZVOJ ŽIVOTNE SREDINE

Marija Malenkovska Todorova¹
Технички факултет Битола, marija.malenkovska@uklo.edu.mk
Jasmina Bunevska Talevska²
Технички факултет Битола, jbunevska@gmail.com

Rezime: *Koncept zelenih puteva je sastavni deo globalne vizije razvoja drumske - saobraćajno transportne infrastrukture. Nastao je kao rezultat konstantne potrebe za usaglašavanjem drumskih saobraćajnica, njihovih elemenata i objekata sa karakteristikama životne sredine, sa ciljem minimiziranja nepovoljnih uticaja transporta na životnu sredinu, odnosno stvaranja čiste, zelene i nezagađene okoline. Imajući u vidu očekivane pravce razvoja putnog inženjerstva sa jedne strane, kao i potrebe za ekološki zdravu okolinu sa druge, planiranje, izgradnja, eksploatacija i održavanje zelenih puteva podrazumeva primenu savremenih praksi koje omogućavaju upravljanje ekosistemima, zaštedu u potrošnji energije, upotrebu recikliranih materijala. Uspešna realizacija ovakvog održivog pristupa u procesu upravljanja putnom mrežom pretpostavlja primenu tzv. zelenih strategija, sa principima razvoja koji obezbeđuju zaštitu životne sredine od štetnih uticaja drumskog saobraćajno - transportnog sistema.*

Ključne reči: *održivi razvoj drumske saobraćajno - transportne infrastrukture, zeleni putevi, zelene strategije u putnom inženjerstvu*

GREEN HIGHWAYS – SMART SOLUTION FOR SUSTAINABLE ENVIRONMENT DEVELOPMENT

Marija Malenkovska Todorova³
¹Tehnički fakultet Bitola, marija.malenkovska@uklo.edu.mk
Jasmina Bunevska Talevska⁴
¹Tehnički fakultet Bitola, jbunevska@gmail.com

Abstract: *Concept of green highways is an integral part of global vision for the development of road traffic – transportation infrastructure. It is a result of constant need for harmonization of road highways, their elements and objects, with the environment characteristics, and the goal oriented towards minimizing the adverse transport impacts on environment, respectively, making clean, green and pollution free surroundings. Bearing in mind the expected directions for highway engineering development, from one side, and requirements for ecological healthy surroundings, on the other side, planning, construction, operation and maintenance of green highways, mean usage of modern practices which are enable to manage with ecosystems, savings in energy consumption, recycled materials usage. Successful realization of this sustainable approach in the process of road network management means green strategies usage, with principles for development which provide protection of environment from harmless influence of road traffic – transportation system.*

Keywords: *sustainable development of road traffic – transportation infrastructure, green highways, green strategies in highway engineering*

¹ Autor zadužen za korespondenciju: marija.malenkovska@uklo.edu.mk

1. UVOD

Jedan od ciljeva savremenih transportnih politika u različitim zemljama sveta, je uspostavljanje održivog transportnog sistema, koji, u skladu sa preporukama stručne javnosti i brojnih dokumenata na globalnom nivou, treba da obezbedi viši stepen integrisanosti između urbanih i ruralnih sredina, brži ekonomski razvoj, porast zdravstvene zaštite i socijalnu jednakost.

Sastavni deo ovakvog pristupa je i tzv. *environmentally friendly approach*, kao osnova savremenih koncepata za kreiranje i razvoj saobraćajno – transportne infrastrukture, usmerenih ka, kada je reč pre svega o drumskom saobraćaju, ispunjenju ključnih potreba za ekološki pogodnom mrežom drumskih saobraćajnica.

Pomenuti pristup je važan, pored ostalog i zbog rešavanja određenih, aktuelnih izazova u razvoju transporta zemalja Evropske Unije, (očekivani porast prevozne potražnje do 80% do 2050 godine, redukcija emisije gasova sa efektom staklene bašte za (80–95)% isto do 2050, a u odnosu na 1990, paralelno sa potrebom za smanjenje korišćenja pre svega, drumskog i vazdušnog saobraćaja, a zbog troškova koji, prema procenama Evropska Komisije, na godišnjem nivou iznose 1% od bruto domaćeg proizvoda zemalja Evropske Unije).

Zeleni putevi su drumske saobraćajnice budućnosti, zasnovane na potrebi postojanja balansa između zaštite životne sredine, ekonomskog prosperiteta i društvenog razvoja, kao aktuelnu osnovu održivosti. Znači, može se zaključiti da je osnovni preduslov za planiranje, izgradnju i funkcionisanje ovih saobraćajnica, zajednička platforma delovanja javnog i privatnog sektora, uz neophodnu podršku državnih vlasti.

Predmet analize u ovom radu je jedan od koncepata za praktičnu realizaciju vizije za razvoj drumske infrastrukture, odnosno izgradnja zelenih puteva, tzv. *green highways*. Osnovni cilj je fokusiran na upoznavanju sa karakteristikama, mogućnostima i strategijama za primenu ovog savremenog pristupa u postupcima za smanjenje nepovoljnih uticaja drumskog saobraćaja i transporta na životnu sredinu.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE GLOBALNE VIZIJE ZA RAZVOJ DRUMSKE SAOBRAĆAJNO - TRANSPORTNE INFRASTRUKTURE

U skladu sa planskim dokumentima na nivou Evrope i šire, razvoj drumske saobraćajno – transportne infrastrukture, treba biti zasnovan na:

- ✓ **sistemskom pristupu u obnavljanju postojeće infrastrukture, što podrazumeva:**
 - efikasno uključivanje svih relevantnih strana – naučnih i stručnih radnika, korisnika prevoznih usluga, šire društveno – političke javnosti;
 - primenu najnovijih saznanja u različitim oblastima građevinarstva, saobraćajno – transportne delatnosti, zaštite čovekove okoline, informatičkih tehnologija;
 - minimalna poremećenja funkcije prilikom preduzimanja određenih aktivnosti obnavljanja u toku eksploatacije, informisanjem korisnika o preduzetim merama i raspoloživim alternativnim putevima.

- ✓ **kreiranje saobraćajno – transportne infrastrukture, koja se karakteriše:**
 - sigurnošću, (**reliability**), odnosno ispunjenjem zahteva za sigurnost, dostupnost, optimalnost i prilagodljivost prevoznim potrebama;
 - bezbednošću, (**safety**), koja se postiže primenom savremenih metoda za analizu i poboljšanje tekućeg i budućeg stanja infrastrukture, (**safe design**), kao i istraživanjem čovekovog ponašanja – ključni element saobraćajno – transportnog sistema;
 - savremenom pristupu prilikom planiranja i projektovanja drumskih saobraćajnica, koji podrazumeva rešenje, (**smart infrastructure**), koje u najvećoj meri odgovara specifičnim zahtevima određenih projekata, (**smart design**), kada se radi, pre svega, o lokalnoj zajednici, različitim načinima korišćenja zemljišta, različitim korisnika prevoznih usluga, ekoloških zahteva;
 - visokim stepenom integrisanosti između funkcije i ekološke održivosti, koji se postiže u različitim fazama planiranja, projektovanja i izgradnje tzv. zelene, (**green ili environment friendly**), **infrastrukture**.
 - multifunkcionalnošću i primenom projektnih elemenata u skladu sa zahtevima učesnika u saobraćaju, (**human design**), tzv. **humana infrastruktura**.

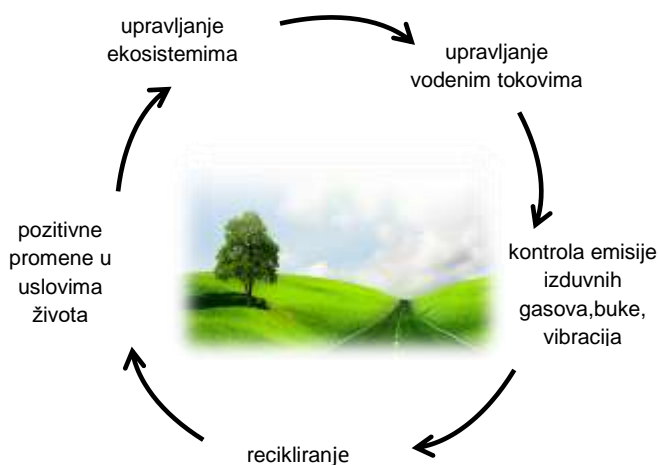
3. ZELENI PUTEVI – INFRASTRUKTURA 21 VEKA

Jedan od osnovnih koncepata za planski razvoj drumske infrastrukture 21 veka, izgradnja tzv.zelenih puteva, je rezultat konstantne potrebe za viši stepen integracije između drumskih saobraćajnica i okoline. (Slika 1.).

Praktična realizacija spomenutog koncepta je utemeljena na planerskim, projektnim i izvođačkim rešenjima koji će doprineti minimiziranju nepovoljnih uticaja na životnu sredinu, preko:

- **kontrole zagađenja, buke i vibracija:**
 - primenom standarda za planiranje prostora;
 - optimiziranjem interakcije između vozila i puta, preko različitih postupaka za projektovanje situacionog i nivelacionog plana;
 - upotrebom čistijih goriva;
 - primenom ekološki pogodnih materijala za izgradnju i održavanje saobraćajnica koji omogućavaju manju buku i manji intenzitet vibracija prilikom kretanja vozila.

- **zaštete prirodnih resursa, odnosno:**
 - različitim tehnikama i tehnologijama za recikliranje građevinskih materijala, **(smanjena potrošnja energije od 31,5 biliona mega joul – a, zašteta u potrošnji vode od 55 biliona litara – www.astm.org);**
 - **upravljanjem ekosistemima**,pre svega, kontrolom vodenih tokova i izgradnjom infrastrukture kojom se smanjuje uticaj na floru i faunu i na prirodna stanovišta životinja, **(izgrađeni prelazi za životinje smanjuju kolizije između njih i vozila za 97% – www.astm.org).**



Slika 1. Osnovni elementi koncepta – zeleni putevi
(Izvor: www.astm.org – prilagođeno od autora rada)

3.1. Osnovne karakteristike zelenih puteva

Pravci u kojima treba da se razvija drumska saobraćajno – transportna infrastruktura, a u skladu sa globalnom vizijom i konceptom zelenih puteva, su osnova za definisanje ovih saobraćajnica 21 veka.

Imajući u vidu stalni porast prevozne potražnje, (kvantitativno i kvalitativno), sa jedne strane, kao i kompleksnost životne sredine, sa druge, može se reći da su **zeleni putevi saobraćajnice koje svojim elementima i objektima zadovoljavaju prevoznju potražnju, vodeći pri tome računa o ekološkoj održivosti, odnosno, zaštiti životne sredine.**

Konkretno, u skladu sa referentnom literaturom, **put može dobiti atribut "zelen", ukoliko se karakteriše:**

- ispunjenjem visokih standarda za zaštitu okoline;
- elementima prevozne ponude koji su zasnovani i na lokalnim ekološkim zahtevima;
- primenom recikliranih materijala prilikom izgradnje i održavanja;
- identifikacijom i zaštitom oblasti sa prirodnim resursima;

- zaštitom i kontrolom okolnog biljnog i životinskog sveta;
- zaštitom okolnih kulturno – istoriskih lokacija i objekata;
- postprojektnim monitoringom uticaja puta na okolinu.

3.2. Proaktivni pristup – osnova održivog razvoja zelene drumske infrastrukture

Održivi razvoj drumske infrastrukture pretpostavlja primenu proaktivnog pristupa u zaštiti okoline u svim fazama razvoja drumske infrastrukture, odnosno, prilikom:

- ✚ planiranja, imajući u vidu
 - ❖ strateško vrednovanje uticaja na okolinu, (**Strategic Environmental Assessment**), koje se odnosi na konstantno i sveobuhvatno preliminarno ocenjivanje različitih politika, planova, programa, kao i predlog projekata;
 - ❖ rangiranje projektnih rešenja u odnosu na stepen ispunjenja zahteva za održivost;
 - ❖ optimalni odnos između zahteva drumske infrastrukture, životne sredine, korisnika puta;
 - ❖ neophodnu potrebu za visokim nivoom saradnje involviranih strana, što se posebno pozitivno odražava prilikom donošenja konačnih odluka;
 - ❖ transparentnost i viši stepen integrisanosti šire društvene zajednice;
 - ❖ rezultate cost – benefit analize, sprovedene prilikom primene političkih, regulatornih i fiskalnih mera.
- ✚ projektovanja, pre svega kada je reč o
 - ❖ implementaciji akciskog plana za zaštitu okoline;
 - ❖ izradi projekata koji obezbeđuju održivu eksploataciju puta u budućnosti;
 - ❖ projektnim rešenjima čijom primenom se ublažavaju negativni uticaji na životnu sredinu, poštuju istorijske i kulturne vrednosti, kao i posebna obeležja neposredne okoline;
 - ❖ povećanju kvaliteta puta sa vizuelnog aspekta.
- ✚ izgradnje, što pretpostavlja
 - ❖ izradu uputstva i tzv. zelenog sistema bodiranja, a sa ciljem izbora adekvatnih i najboljih mera i aktivnosti u toku gradnje;
 - ❖ primenu ekološki pogodnih građevinskih materijala;
 - ❖ poznavanje karakteristika pojedinih, pre svega, novih zelenih tehnologija i konkretnih efekata njihove primene;
 - ❖ ocenu kvaliteta i dostupnosti lokalnih materijala za gradnju.
- ✚ eksploatacije, imajući u vidu specifičnosti pojedinih saobraćajnica i sa tim u vezi potrebu za preduzimanjem različitih aktivnosti u skladu sa konkretnim infrastrukturnim karakteristikama, kao na primer:
 - ❖ merenje nivoa buke i stepena zagađenja okoline primenom stacionarnih i mobilnih stanica;
 - ❖ analize prošlog i postojećeg trenda potrošnje energije.
- ✚ održavanja, odnosno izradu i primenu plana za kontrolu upravljanja različitih aktivnosti, (**Project Management Control Plan**), kao ključnog dokumenta za konstantnu proveru usaglašenosti zakonskih obaveza, zahteva okoline i korisnika puta.

3.3. Strategije za realizaciju koncepta zelene infrastrukture

Neophodni uslov za praktičnu primenu dela globalne vizije razvoja koji se odnosi na zelene puteve, je njegovo uključivanje u tzv. zelenim strategijama, (Slika 2.), odnosno primena principa koji omogućavaju razvoj zasnovan na potrebama zaštite životne sredine.

Reč je o tri osnovna načela,

- ✓ realizacija planerskih i izvođačkih rešenja koja odgovaraju karakteristikama i zahtevima okolne sredine;
- ✓ obezbeđivanje uslova za njihovu primenu;
- ✓ cost- benefit analiza predloženih rešenja,

čija uspešna realizacija pretpostavlja sprovođenje različitih aktivnosti u sklopu pojedinih substrategija:

- ✚ **biznis substrategija**, odnosno
 - razvoj održivih proizvoda i usluga, ne samo u toku proizvodnje, nego i u toku dostavljanja krajnim korisnicima, (**green delivery**);
 - partnerski odnos sa različitim firmama u toku realizacije zajedničkih interesa za ekološki zdravu okolinu;
- ✚ **operativna substrategija**, koja se manifestuje preko
 - sprovođenja tehnoloških procesa;
 - primenom odgovarajuće opreme,

a služi za operacionalizaciju zelene strategije;

- ✚ **substrategija u oblasti organizacije rada**, koja podrazumeva razvoj određenih veština i kompetencija zaposlenih,
- ✚ razvoj tehnologija i primena odgovarajuće infrastrukture za promovisanje, proizvodnju i aplikativnu primenu IT sistema, (**substrategija za green IT sisteme**);
- ✚ proizvodnja, nabavka i primena **odgovarajuće infrastrukture**, (**hardware, software i druga oprema**);



Slika 2. Zelena strategija - piramida aktivnosti

4. ZAKLJUČAK

Koncept zelenih puteva je rezultat **permanentne potrebe za zaštitom životne sredine od nepovoljnih uticaja drumskog saobraćajno – transportnog sistema.**

U skladu sa osnovnim postavkama globalne vizije za razvoj drumske infrastrukture, ovaj, po referentnim dokumentima, **revolucionarni pristup u postupcima planiranja, projektovanja, izgradnje i održavanja puteva**, je zasnovan **na zahtevima za sistemski pristup u formiranju i obnovi sigurne, bezbedne, ekološki pogodne i po meri čoveka, drumske saobraćajno – transportne infrastrukture.**

Jedan od načina za praktičnu realizaciju pomenog koncepta, je **implementacija niza aktivnosti organizovanih kao substrategija zelenih strategija – ključna komponenta u planovima kreiranja ekološki održive drumske saobraćajno – transportne infrastrukture.**

Literatura

- [1] Nacionalna strategija za održiv razvoj vo Republika Makedonija, (2009 – 2030),Ministerstvo za životna sredina i prostorno planiranje na Republika Makedonija.
- [2] Krstanoski, N. 2000. Pristap kon zaštitata na životnata sredina od nepovolnitate vlijanija na soobraćajot: planerski, ekonomski I pravni aspekti, Ministerstvo za obrazovanie i nauka na Republika Makedonija.
- [3] <http://www.ec.europa.eu/transport> (05 2017).
- [4] <http://www.trb.org> (05 2017).
- [5] <http://astm.org/> (06 2017).
- [6] <http://www.dep.wv.gov>. (04.2017).
- [7] <http://www.smartgrowthamerica.org>. (06.2017).
- [8] <http://www.nordregio.se/en> (06.2017).
- [9] <http://www.irfnet.ch> (06.2017).

UTICAJ IZGRADNJE AUTOPUTA BAR-BOLJARE, DIONICA SMOKOVAC - MATEŠEVO NA FAUNU U ZONI KORIDORA AUTOPUTA

Vukica Popadić Njunjić¹, Ilija Radović², Gorica Aleksić Milosavljević³

¹ ECOSUPERVISION, V.Vlahovića 34, 11550 Lazarevac, vpopadic@ecosupervision.rs

² Agencija za zaštitu životne sredine Crne Gore, Podgorica, ilija.radovic@epa.org.me

³ Saobraćajni institut CIP, Nemanjina 6/4 Beograd, aleksicg@sicp-trg.com

Rezime: Izgradnja velikih infrastrukturnih projekata značajno utiče na sve parametre životne sredine. Uticaj se ogleda u zauzimanju zemljišta, uticaju na površinske i podzemne vode, pejzaž, floru i faunu, lokalno stanovništvo, postojeću infrastrukturu, itd.. Izrada Elaborata o procjeni uticaja (Environmental Impact Assessment – EIA) projekta autoputa na životnu sredinu u najopštijem smislu je proces u kome se identifikuju, analiziraju i procjenjuju potencijalni negativni uticaji na sve parametre životne sredine, kao i negativni uticaji na floru i faunu. Jedini aspekt koji je bio zanemaren i nije bio uključen u prethodne procjene uticaja vezan je za svjetlosna zagađenja prouzrokovana osvjetljenjem kolovoza.

Procjena uticaja na životnu sredinu je deo svih faza procesa realizacije Projekata i alat za održivi razvoj. Ona uključuje proces utvrđivanja prioriternih uticaja, a posebna pažnja usmjerena je na floru i faunu. Najbolja zaštita flore i faune u toku izgradnje autoputa je preduzimanje adekvatnih mjera zaštite od strane izvođača radova u skladu sa projektnom i ugovornom dokumentacijom, kao i stroga kontrola od strane tima za nadzor.

U radu je prikazana procjena uticaja izgradnje autoputa na faunu i dat predlog mjera za zaštitu, uključujući i svjetlosna zagađenja autoputa Bar-Boljare, dionica od Smokovca do Mateševa, dužine od 41 km, sa površinom koridora od 2.040.000 m². Na ovoj dionici projektovano je 19 tunela, 19 mostova i vijadukata i tri saobraćajne petlje: Pelev Brijeg, Veruša i Mateševo.

Ključne reči: infrastrukturni koridor, uticaj na životnu sredinu, procjena uticaja, flora, fauna, Bar-Boljare.

BAR-BOLJARE HIGHWAY, SECTION SMOKOVAC-MATEŠEVO, CONSTRUCTION IMPACT TO FAUNA IN THE AREA OF HIGHWAY CORRIDOR

Vukica Popadic Njunjić¹, Ilija Radović², Gorica Aleksić Milosavljević³

¹ ECOSUPERVISION, V.Vlahovića 34, 11550 Lazarevac, vukica.enco@yahoo.com

² Montenegro Environment protection Agency, Podgorica, ilija.radovic@epa.org.me

³ Traffic Institute CIP, Nemanjina 6/4 Belgrade, aleksicg@sicp-trg.com

Summary: Construction of large infrastructure project has significant impact to every parameter of the environment. This impact is reflected in land occupancy, impact to ground and underground waters, landscape, flora and fauna, local inhabitants, existing infrastructure, etc. The preparation of the Environmental Impact Assessment - EIA for project of highway to environment is a process which identifies, analyses and assesses potential negative impacts to all parameters of the environment, as well as negative impacts to flora and fauna. The only aspect which was not included in the previous impact assessments is the one related to light pollution caused by the lightening on the pavement.

The Environmental Impact Assessment forms part of the process of realization of Designs and the tool for sustainable development. It involves the process of determining the priority impacts, and special attention was given to flora and fauna. The best protection, during a highway construction, of flora and fauna is undertaking the adequate protection measures by the Contractor of works, in accordance with the designing and contractual documentation, as well as strict control by the supervision team.

This study shows the assessment of the impacts the highway construction had to fauna and encloses the proposal for protection measures, including lightening pollution on the highway Bar-Boljare, section from Smokovac to Mateševo, in length of 41 km, with corridor surface of 2.040.000 m². This section was designed with 19 tunnels, 19 bridges and viaducts and three traffic interchanges: Pelev Brijeg, Veruša and Mateševo.

Key wording: infrastructure corridor, environmental impact, impact assessment, flora, fauna, Bar-Boljare.

1. UVOD

Putni pravac Beograd - Južni Jadran predstavlja krak Trans-evropske magistrale (TEM) koji na području Crne Gore povezuje osnovni pravac TEM-a (od Gdanjska do Atine i Istanbula) sa Jadranskim morem. U okviru mreže međunarodnih, odnosno E puteva, koridor putnog pravca Bar – Boljare uključuje se u osnovni pravac E puteva sa oznakama E - 80, odnosno E - 65, preko kojih se ostvaruju veze sa Italijom.

U putnoj mreži Crne Gore planirani autoput Bar – Boljare predstavlja osnovni transverzalni pravac koji se ukršta sa većim brojem postojećih i planiranih saobraćajnica, preko kojih je dobro povezan sa ostalim zonama u Crnoj Gori, ali i sa okruženjem. Detaljnim prostornim planom Crne Gore usvojenim 2008 godine, autoput Bar – Boljare, dionica Smokovac – Mateševo, obuhvaćen je prostor koji administrativno pripada opštinama Podgorica i Kolašin. Veći deo trase autoputa su objekti koji zauzimaju 58 % trase, dok 42 % zauzima otvorena trasa. Predmetna dionica prolazi visinsku razliku od oko 1000 m, tako da se i sastav faune tako mijenja, kako zbog visinske amplitude, tako i zbog prostornog pomjeranja iz submediteranske u kontinentalnu klimatsku zonu.

Svi vidovi saobraćajnih sistema, sa svojim sadašnjim karakteristikama, predstavljaju izvore značajnih zagađenja životne sredine. Planiranje, projektovanje, građenje, eksploatacija i održavanje puteva javljaju se kao vrlo značajni uticaji na životnu sredinu. Sa sigurnošću se može tvrditi da planiranje, pa posljedično i izgradnja novih putnih pravaca uvijek dovodi do niza konflikata na relaciji autoput - životna sredina. U Elaboratu o procjeni uticaja predmetnog projekta, svjetlosna zagađenja tretirana su kroz uticaj na faunu.

2. POSTOJEĆE STANJE FAUNE U ZONI IZGRADNJE AUTOPUTA

Pozicija Crne Gore na Balkanskom poluostrvu i Jadranu, stvorila je uslove za nastanak biološkog diverziteta visokih vrijednosti, što Crnu Goru svrstava u vruće tačke biodiverziteta (biodiversity hotspot), kako na evropskom, tako i na svjetskom nivou. Indeks broja vrsta po jedinici površine u Crnoj Gori iznosi 0.837, što je najveći indeks raznovrsnosti zabilježen u svim evropskim zemljama. [1]

Na predmetnom području se ukupno može naći 111 vrsta ptica, od čega su 104 zaštićene nacionalnim zakonodavstvom, a 21 vrsta se nalaze na listi Aneksa I Direktive o zaštiti divljih ptica (Birds Directive 79/409/EEC). Prema raspoloživim podacima o statusu populacija u Crnoj Gori, 12 vrsta pokazuje trend opadanja populacije, dok 91 vrsta ima stabilne populacije. Izgradnja predmetne dionice autoputa imaće negativan uticaj na ptice zbog fragmentacije i gubitka staništa, uznemiravanja, direktnog i indirektnog mortaliteta. Takođe, predmetnu dionicu autoputa, još uvijek nastanjuju primjerci krupnih sisara – vuk i divlja svinja. Od manjih sisara, ovaj prostor naseljavaju lisica, kuna, jazavac i njihov plijen – zec i vjeverica, zatim fauna sitnih sisara, kao što su sitni šumski glodari i slijepi miševi (slijepi miševi se nalaze na listi zaštićenih vrsta u Crnoj Gori). Ovaj prostor poznat je po rijetkim i endemičnim vrstama guštera: mediteranski gušter, kraški gušter, veliki zelembać, i zmijama: prugasti smuk, smukulja, šareni smuk, zatim poskok i šarka. Izuzetno je bogata i fauna beskičmenjaka. Brojnošću vrsta posebno se ističu tvrdokrilci i leptiri od kojih se neke vrste nalaze na IUCN crvenoj listi.[2] Karstno područje poznato je i po raznovrsnoj endemičnoj pećinskoj fauni (pećinski insekti, puževi, paukovi) i fauni podzemnih voda.[3]

Implementacijom adekvatnih mjera zaštite, uzimajući u obzir postojeće podatke o vrstama i staništima na predmetnom području, neće doći do devastacije površina na kojima se nalaze međunarodno značajna staništa. Dosadašnjim radom na identifikaciji područja koja bi potencijalno mogla biti uključena u međunarodnu mrežu zaštićenih područja Natura 2000, zona koja će biti devastirana prolaskom autoputa nije prepoznata kao značajna sa ovog aspekta. [4]

3. UTICAJI NA FAUNU U TOKU IZGRADNJE AUTOPUTA

Na žalost, prije početka radova na izgradnji autoputa, na terenu nijesu sprovedena istraživanja kako bi se definisalo postojeće stanje vrsta, utvrdila brojnost njihovih populacija, migratorni putevi, hranilišta, poilišta, solila, kao i mogući negativni uticaji na faunu šireg prostora. Kao potencijalni opšti konflikti prouzrokovani izgradnjom autoputa, a koji mogu imati negativne posljedice na faunu su:

- smanjenje (zauzimanje i uništavanje) staništa životinjskih vrsta u zoni direktnih (30 m lijevo i 30 m desno od osovine autoputa), uticaja izgradnje autoputa,
- uznemiravanje životinjskih vrsta i poremećaji ekološke ravnoteže,
- zagađivanje zemljišta, vazduha, flore i faune izduvnim gasovima,

- emitovanje buke i vibracija u toku izvođenja građevinskih radova,
- prekidi prirodnih koridora koje koristi fauna i fragmentacija prostora,
- uticaj na vodenu faunu,
- ugrožavanje endemičnih, strogo zaštićenih i zaštićenih vrsta životinja,
- potencijalna mogućnost smanjenja biološke raznovrsnosti,
- uticaj na podzemnu faunu prilikom probijanja tunela,
- zatrpavanje otvora speleoloških objekata (pećina i jama), što naročito negativno utiče na slijepu miševu,
- promjena hidrološkog režima podzemnih voda, kao posledica izgradnje tunela i dr. objekata.

Takođe, važno je napomenuti, da se svi potencijalni negativni uticaji mogu minimizirati kroz svakodnevnu kontrolu od strane ekološkog nadzora u toku izvođenja radova, što je primjer dobre inženjerske prakse u razvijenim zemljama EU, a i u okruženju.

3.1. Uticaj na lovišta

Potencijalni uticaji izgradnje predmetne dionice autoputa od Smokovaca do Mateševa na lovišta, može se posmatrati sa dva aspekta. Prvi aspekt je uticaj izgradnje autoputa na lovišta kao prostornu cjelinu, a drugi je uticaj na divljač u neposrednom okruženju. Ovom analizom obuhvaćena su lovišta koja presijeca trasa autoputa, lovišta koja se nalaze u njegovoj neposrednoj blizini, ili u široj zoni od 300 m od ivice asfalta. Uticaj na divljač će se manifestovati kroz smanjenje površine staništa, površine za hranjenje i napajanje, i površine za kretanje.

Osim direktnog gubitka površina lovišta, treba imati u vidu i površine koje su ograđene i čine zaštitni pojas uz autoput, a koje lovište ne obuhvata. Evidentno je da trasa autoputa presijeca prirodne migracijske puteve pojedinih vrsta divljači. Na planiskim masivima Komova nalaze se najkvalitetnija staništa pojedinih vrsta divljači čiji areal obuhvata nekoliko stotina kilometara. Izgradnja autoputa negativno utiče na dnevne i sezonske migracije divljači, a uznemiravanje jedinki dovodi do smanjenja mogućnosti gniježđenja, izlivanja i uzgoja mladunaca i mijenjanja prirodnog životnog ritama divljači. Takođe, biće prisutan problem fizičkog stradanja divljači u pokušaju prelaska pristupnih puteva ili zona intenzivnih građevinskih radova.

Na osnovu veoma skromnih raspoloživih podataka o postojećem stanju, nije moguće kvantifikovati uticaj miniranja na faunu koja se nalazi u speleološkim objektima. Formiranje novih otvora na speleološkim objektima prilikom miniranja i probijanja trase može biti dodatni faktor koji remeti specifičan sastav faune. Novi otvori mijenjaju količinu vlage, strujanje vazduha, količinu dospjelih hranljivih materija i na taj način bitno remete ekološke uslove staništa. S obzirom da ne postoji katastar speleoloških objekata na projektovanoj trasi autoputa, kao ni spisak pećinske i endogene faune, ne možemo dati preciznu listu vrsta na koje će gore navedeni faktori negativno uticati.

Među beskičmenjacima, najviše je izložena riziku fauna podzemnih voda, vodotokova i speleoloških objekata u slučajevima akcidentnih izlivanja zagađujućih materija. U takvim situacijama su posebno ugrožene vrste sa malom brojnošću populacija, kao što su kopneni puževi, pijavice i tvrdokrilci. Podzemna fauna tj. fauna speleoloških objekata je posebno osjetljiva na promjene uslova životne sredine. Zagađenje podzemnih voda sigurno dovodi do uništavanja populacija ovih pretežno endemskih vrsta. Pored definisanih opštih mjera zaštite podzemne faune, neophodna je i svakodnevna kontrola od strane nadzorne službe, odnosno ekološkog nadzora, kako bi se spriječio i eliminisao svaki potencijalno negativan uticaj.

U zoni uticaja autoputa, još uvijek nema vrsta za koje su doneseni posebni nacionalni i akcioni planovi upravljanja, ali prema raspoloživim podacima, u budućnosti se može očekivati donošenje akcionih planova za sljedeće vrste divljači: mrki medvjed (*Ursus arctos* L.), vuk (*Canis lupus* L.) i veliki tetrijeb, gluhan (*Tetrao urogallus* L.).

4. OPŠTE MJERE ZAŠTITE FAUNE U TOKU IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA

Autoput dovodi do fragmentacije staništa populacija koje ih naseljavaju. Mjere zaštite faune u toku izvođenja građevinskih radova imaju za cilj minimiziranje ili potpunu eliminaciju negativnih uticaja. Neophodne opšte mjere zaštite u toku izvođenja građevinskih radova su:

- koliko god je moguće ograničiti kretanje građevinske mehanizacije prilikom izgradnje autoputa, odnosno, koristiti postojeću mrežu lokalnih pristupnih puteva, koju nakon završetka radova treba sanirati,
- Izvođačima radova na sječi šume preporučuje se da radove izvode u jesenjem i zimskom periodu, ako je to moguće i tako spriječe moguće požare. Svi zaposleni radnici treba da budu obučeni iz oblasti protivpožarne zaštite,
- neophodno je u zoni sječe šume postaviti table upozorenja "ZABRANJENO LOŽENJE VATRE", a dnevne potrebe lako zapaljivih materija, goriva i maziva, držati na bezbjednom mjestu,
- što je moguće više smanjiti broj ukrštanja šumskih puteva sa stalnim ili povremenim vodotocima, a gdje je to neizbježno, ukrštanja treba izvesti pod što manje ostrim uglom, najbolje pod 90°, ne uzrokujući ugrožavanje migratornih puteva i staništa značajnih za riblje populacije,
- izraditi procedure za upravljanje lako zapaljivim materijalima i otvorenim plamenom, postaviti znakove upozorenja za zabranu korišćenja vatre, odnosno mogućnost izbijanja požara, posebno u ljetnjem periodu,
- u slučaju nailaska na podzemne speleološke objekte potrebno je obustaviti radove na iskopu sve dok ekipa biospelologa ne utvrdi postojeće stanje i definiše vrijednost istog, kao i potrebne mjere zaštite podzemne faune i njenih staništa. Takođe je neophodno o tome obavestiti nadležnu državnu instituciju tj. Agenciju za zaštitu životne sredine.
- takođe, potrebno je obezbijediti trajnu mogućnost praćenja i kontrole stanja podzemne faune i staništa otkrivenih za vrijeme izvođenja radova na probijanju tunela (koje biospeleolozi ocijene značajnim), i uključiti potrebne mjere zaštite podzemne faune i staništa,
- zajedno sa lovačkim udruženjima koja rade u koridoru budućeg autoputa, razmotriti i analizirati postojeće staze divljači, kako bi se na vrijeme preduzele sve mjere za spriječavanje šteta koje mogu nastati udarom vozila u divljač i takva mjesta pravilno obilježila upozoravajućim znacima,
- definisati i obilježiti putne pravce i koridore za kretanje ljudi i vozila u zoni izgradnje autoputa, kako bi se zaštitila postojeća lovišta od nepotrebnih i nekontrolisanih ulazaka i kretanja,
- podići kapacitet postojeće lovočuvarske službe, kako bi se spriječili mogući konflikti između zaposlenih radnika na izgradnji autoputa i postojećeg organizovanog života u lovištu, odnosno spriječili problemi mogućeg fizičkog ugrožavanja i krađe divljači,
- zajedno sa lovačkim udruženjima izmjestiti postojeće objekte na budućoj trasi autoputa (čeke, hranilišta, poilišta, solila) na druge lokacije u neposrednoj blizini,
- u saradnji sa postojećim lovočuvarskim službama, lovačkim udruženjima i nevladinim organizacijama koje se bave zaštitom divlje faune, postaviti nove lovno uzgojne objekte kao što su solila i pojilišta, a po potrebi organizovati i prihvatilišta za sitnu i krupnu divljač,
- u saradnji sa postojećim lovočuvarskim službama, lovačkim udruženjima i nevladinim organizacijama koje se bave zaštitom divlje faune postaviti nove lovno tehničke objekte, odnosno otvorene i zatvorene osmatračnice i organizovati monitoring;
- u zoni lovišta zabranjeno je izvođenje građevinskih radova, koji bi remetili ili sprječavali reprodukciju životinja.
- pristupne puteve nije dozvoljeno graditi preko rastinja, gnjezdilišta, područja brloga, zimovališta i pasišta divljači,
- trase svih pristupnih puteva moraju biti najmanje 100 metara udaljene od mjesta koja su posebno važna za opstanak i ishranu divljači,
- u toku izgradnje predmetne dionice autoputa neophodno je uspostaviti monitoring divljači i vođenje evidencije, kao i definisanje bioloških pokazatelja za potencijalnu ocjenu/procjenu štete od divljači i na divljač,
- strogo je zabranjeno uništavanje gnijezda i izvođenje građevinskih radova dok se ne završi period odgoja maladunaca, a posle toga oprezno izvršiti premještanje gnjezda u saradnji sa nadležnim organima Crne Gore,
- gnijezda ptica koja se nalaze na visokom rastinju, drveću, a često i na ulazima u pećine i jame, strogo je zabranjeno, uništavati, pomjerati, uznemiravati ili odlagati bilo kakav materijal u neposrednoj blizini,
- u zonama gdje će se vršiti miniranje, neophodno je u saradnji sa nadležnim organima države Crne Gore izvršiti procjenu prinudnih migracija faune kičmenjaka i obezbijediti nova hranilišta gdje će biti obezbijedena dodatna prehrana,
- obezbijediti svakodnevno prisustvo biološkog (zoologa) nadzora u toku izgradnje autoputa.

5. UTICAJ SVJETLOSTI NA FAUNU U TOKU EKSPLOATACIJE AUTOPUTA

Utjecaji predmetne dionice autoputa na ptice, prije svega zavise od vrste ptica, sezone i lokacije, i ovi utjecaji mogu biti povremeni i stalni. Značajni potencijalni utjecaji koje autoput u eksploataciji ima na ptice identifikovan je kao:

- uznemiravanje tokom faze eksploatacije, što može dovesti do privremenog ili stalnog izmještanja ptica sa mjesta lokacije ili bliže okoline;
- smrtnost zbog sudara;
- prepreke u kretanju;
- direktan gubitak ili degradacija staništa, naročito u močvarnim područjima i
- utjecaj svjetlosti na faunu.

Takođe, na predmetnoj dionici autoputa, tokom izgradnje i u toku eksploatacije, pojaviće se veći broj novih izvora svjetlosti (benzinske stanice, odmorišta, naplatne rampe i tri saobraćajne petlje), koji predstavljaju potencijalno opterećivanje životne sredine svjetlosnim zagađenjem. Svjetlosno zagađenje je širok pojam, a zbog nepostojanja odgovarajuće zakonske regulative, vrlo je teško kvantifikovati utjecaje na faunu u zoni utjecaja dionice autoputa od Smokovca do Mateševa. Osvjetljavanje autoputa i pratećih objekata predstavljaju novi izvor svjetlosti u životnoj sredini, zbog čega se očekuju direktni utjecaji, a zbog osvjetljavanja neba i šire okoline i daljnji utjecaj.

Svjetlosno zagađenje na putnim pravcima i utjecaj na životnu sredinu sve više postaje predmet istraživanja u razvijenijim zemljama. Procijenjeno je da se između 35% - 50% svetlosnog zagađenja produkuje rasveta na autoputevima [8]

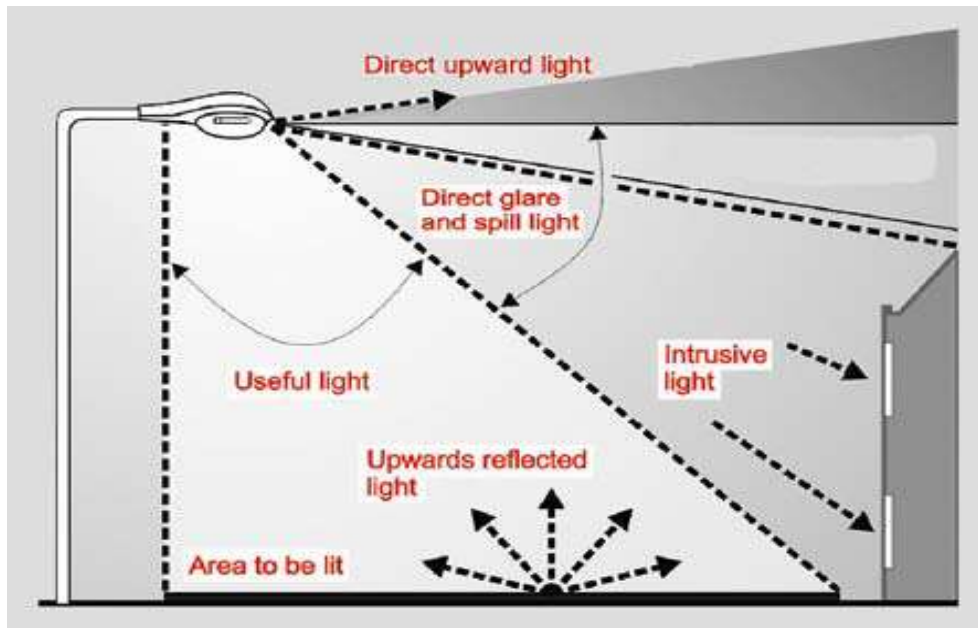
Rasvjeta na autoputu privlači insekte, a kao posljedica toga i njihove predatore (slijepce miševske i ptice) što dovodi do velike smrtnosti jedinki iz obdavnice grupe. Jedan od vidova navigacije kod ptica je navigacija na osnovu položaja zvijezda. (Emlen, 1975). Svjetlosno zagađenje iz različitih izvora smanjuje vidljivost zvijezda i prema tome može otežati i onemogućiti migracije ptica (Ogden, 1996). Ovo može, naročito tokom nepovoljnih vremenskih uslova, dovesti do dezorijentisanosti ptica, kolizija i uzrokovati mortalitet.

U svijetu su sprovedena istraživanja koja su potvrdila da vještačko svjetlo može imati značajne efekte na životnu sredinu. Ispitivanja su vršena na nivou individualnih organizama, ali je ostalo nejasno koliko su značajni ovi utjecaji na nivou populacije ili ekosistema. Utjecaji mogu biti direktni, na primjer, u odnosu na slijepce miševske kojima bi svjetlost značajno smanjila teritoriju na kojoj se hrane, ili indirektni, kao u slučajevima u kojima povećani nivo svjetlosti noću omogućava grabljivcima da uvećaju svoj asortiman hrane tokom noćnog lova.

U cilju sprečavanja nakupljanja insekata preporučuje se upotreba natrijumovih i metal-halogenih lampi sa niskim pritiskom (koje proizvode skoro monohromatsku svjetlost), gdje god je to moguće i usmjerenog svjetla (zasjenčenih lampi). Ove lampe emituju svjetlost samo u uskom dijelu spektra, žute boje i relativno su neprilivačne za insekte. Sa aspekta pogodnosti za okolinu slijede natrijumove lampe sa visokim pritiskom, koje imaju širi spektar emitovanja svjetlosti, te su stoga nepovoljnije za okolinu.

Ne preporučuje se upotreba živinih i halogenih lampi. Razlog za to je jaka emisija u širokom ljubičastom dijelu spektra, djelimično čak i izvan vidljivog područja, gdje njihova svjetlost predstavlja veliku smijetnju za insekte i ptice. Pored navedenog, živine lampe emituju svjetlost na brojnim talasnim dužinama te je njihovu svjetlost nemoguće filtrirati. Takođe, nepovoljno je i to što su navedene lampe kratkoročne i što se starenjem njihove karakteristike mijenjaju.

Kako bi se umanjilo svjetlosno zagađenje, fiksirana svjetla koja se postavljaju na autoputu trebalo bi da budu usmjerena nadolje, manje snage (< watt) i ravnih stakala kako bi se smanjilo rasipanje svjetlosti. Ovakav tip svjetala ne samo da umanjuje svjetlosno zagađenje, a time i negativan utjecaj na ornitofaunu i faunu slijepih miševa, već se na ovaj način efikasno šteti električna energija. Kako bi se smanjila potreba za postavljanjem električnih svjetala potrebno je da saobraćajni znakovi i horizontalna signalizacija na autoputu budu što je moguće veće refleksije. Ovo je posebno važno za horizontalnu signalizaciju koja treba da ima veću refleksiju i da bude, vibraciona/zvučna, što je postao standard u toku izvođenja radova na savremenim autoputevima. Na ovaj način se vozačima omogućava bolja vidljivost, a istovremeno se smanjuje potreba za električnim osvetljenjem. (Hasson, 2000). Stepenn refleksije za asfalt je oko 6%, dok je za beton 25%. [9]



Slika 1. Korisno i izgubljeno osvetljenje kod putnih svetiljki.
(izvor: *Artificial Light in the Environment*; <http://www.bookshop.parliament.uk>)

Slika 1. pokazuje da tip i količina svjetlosti koju emituje putna svjetiljka, prije svega, zavisi od svjetiljke, koju treba postaviti na optimalnu visinu. Zaštitno kućište svjetiljke treba da bude tako dizajnirano da usmjeri svjetlost tamo gdje treba, odnosno dobru vertikalnu raspodjelu svjetlosti. Neizbježno je da će se jedna količina svijetla reflektovati sa osvijetljenih površina. Potrebno je da osvijetljenje bude što preciznije i sa što manje neželjenih efekata, odnosno što manje "zalutalog" svijetla. Na žalost, sve svjetlosne instalacije emituju svijetlo i tamo gdje ono nije potrebno i to u horizontalnoj ravni ili u nebo. Jedan manji dio svjetlosti će se reflektovati na osjetljive površine i izazivati nepovoljan estetski efekat. Neophodno je koristiti intenzitet svjetlosti ne veći od minimalno potrebnog i da svijetlo bude usmjereno samo na one djelove koji i treba da budu osvijetljeni, tako da će se smanjiti i negativan uticaj zalutale svetlosti.

Loša rasvjeta, odnosno neadekvatan projekat osvijetljenja, će generalno dozvoliti da dio svijetla padne na prostor izvan puta ili da dođe do prekoračenja osvijetljenja.

Projekat osvijetljenja bi trebalo da poboljša estetske karakteristike prostora, a ne da ih smanjuje. Izvori svjetlosti iz komercijalnih objekata i reklama na saobraćajnim petljama mogu dodatno izazvati svjetlosna zagađenja, zato treba ograničiti upotrebu ovih znakova i uređaja.

Udruženje Inženjra Severne Amerike (*The Illuminating Engineering Society of North America*) je izradilo standarde za osvijetljenje kolovoza - *ANSI/IES RP-8* i definisalo minimalne zahteve za sigurnost na putevima. (Tabela 1).

Tabela 1. Osvjetljenje za različite vrste puteva

TIP PUTA	OSVJETLJENJE U LUX
Gradski autoputevi	10
Saobraćajne petlje na autoputevima	14
Komercijalni putevi	20
Putevi u stambenim blokovima	8
Lokalni putevi	6

Izvor: *ANSI/IES RP-8*

Utjecaj emitovanja svjetlosti na životnu sredinu se može smanjiti implementacijom odgovarajućih mjera za sprečavanje i ograničavanje negativnih uticaja, a to je prvenstveno izbor i upotreba tehnički savremenijih

svjetiljki. Pažljivim izborom tehnoloških rješenja i pravilnim instaliranjem, svjetlosna zagađenja se mogu svesti na prihvatljiv nivo.

U Kanadi i nekim zemljama Zapadne Evrope za osvjjetljenje na autoputevima primjenjuju se LED svjetiljke (metal halogene "bele lampe", CFL – kompaktne fluorescentne sijalice, LED – toplo bijela koja se koriste za drumska osvjjetljenja u Kanadi, Lemnis - prototip LED svijetlu na putu).

Ovaj tip osvjjetljenja je preporučen za dionicu autoputa od Smokovca do Mateševa.

5.1. Mjere zaštite faune u toku eksploatacije autoputa

Podizanje zaštitne ograde duž autoputa će onemogućiti izlazak divljih i domaćih životinja na autoput i njihovo stradanje kao i ugrožavanje bezbjednosti saobraćaja. Životinje se usmjeravaju fizičkom ogradom koju bi trebalo da prati pejzažno uređenje. Međutim, potrebno je životinjama omogućiti dnevne i sezonske migracije s jedne strane autoputa na drugu. Za predmetni prostor nema podataka o ustaljenim putevima kretanja životinja koji bi mogli da predstavljaju osnovu za formiranje posebnih konstrukcija za njihovo kretanje u vidu pejzažnih mostova i prelaza. Međutim, na trasi autoputa Bar-Boljare, deonica Smokovac-Mateševo postoji veliki broj objekata (propusta, mostova, tunela, vijadukta), tj. oko 60% trase su objekti koji uz svoju osnovnu funkciju mogu biti i u funkciji prolaza ili prelaza za životinje, ako se adekvatno projektuju i pejzažno oblikuju, tako da nije potrebno projektovati posebne konstrukcije za prolaz/prelaz životinja.

Upravljač autoputa je u obavezi da vrši monitoring faune u prve tri godine eksploatacije u cilju praćenja:

- stradanja životinja,
- ugrožavanja endemičnih, strogo zaštićenih i zaštićenih vrsta životinja,
- otežane migracije pojedinih životinjskih vrsta (razmjene gena, potrage za hranom i vodom i dr.),
- smanjenja biološke raznolikosti.

U zavisnosti od rezultata monitoringa, a uz konsultacije sa ornitolozima, lovačkim udruženjima i nadležnim organima Crne Gore, implementirati odgovarajuće mjere zaštite na ugroženim dionicama autoputa.

6. ZAKLJUČAK

Svjetlosno zagađenje će u budućnosti biti sve veći problem, koji će se morati adekvatno rešavati. U Crnoj Gori nema zakonske regulative koja reguliše svjetlosna zagađenja na autoputevima, tako da su date određene preporuke za primjenu svjetiljki koje smanjuju zagađenja i sa dugim su vijekom trajanja. Rasveta na dionici Smokovac-Mateševo treba prije svega da bude energetski efikasna sa punim otvorom za kontrolu izlaza svjetlosti, koja će obezbijediti estetsko i prijatno okruženje. Sve te zahtjeve zadovoljavaju LED svjetiljke.

Takođe, a prije svega zbog biološke raznovrsnosti, za dionicu autoputa od Smokovca do Mateševa treba predvidjeti primjenu i obrazovnih mjera, usmjerenih na informisanje javnosti koja putuje. Postaviti informativne table sa podacima o postojanju i važnosti zaštićenog područja, osnovnim podacima o flori i fauni, i o razlozima zbog kojih ne treba hraniti divlje životinje, kidati biljke, bacati otpatke itd..

Posebnu pažnju posvetiti unapređenju okolnih lokalnih puteva, kao što su „panoramski putevi“, koje treba tretirati kao sredstvo za razvoj turizma. Takođe, broj novih vidikovaca sa izuzetnim vizurama na autoputu (odmorišta) su od značaja za razvoj turizma čitave regije.

Literatura

- [1] Reporter životne sredine / 2010, Agencija za zaštitu životne sredine Crne Gore
- [2] IUCN crvena lista, www.iucnredlist.org
- [3] Studija zaštite za regionalni park "KOMOVI", Zavod za zaštitu prirode Crne Gore, Novembar 2013
- [4] Elaborat procjene uticaja projekta autoputa Bar-Boljare, dionica: Smokovac-Mateševo na životnu sredinu, konzorcium Inter project - Entasis d.o.o., Podgorica, 2015.
- [5] Emlen, S. T. 1975. Migration: Orientation and navigation. In: D. S. Farner and J. R. King, eds. Avian Biology, Vol. 5. New York, NY: Academic Press; 129-219.
- [6] Hasson, P. 2000. Bringing the nighttime road to life. WST2: Washington State Technology Transfer,

- WSDOT Issue 68. Available at: <http://www.usroads.com/journals/rmej/0109/rm010902.htm>
- [7] Ogden, L. and J. Evans. 1996. Collision course: The hazards of lighted structures and windows to migrating birds. Toronto, Canada: Report published by the World Wildlife Fund Canada and Fatal Light Awareness Program; 46 p.
- [8] Finch, D.M., "Atmospheric Light Pollution", Journal of the IES, Volume 7, No.2, January 1978.
- [9] A Statement on Astronomical Light Pollution and Light Trespass, IES CP-46, Illuminating Engineering Society of North America, 1985.
- [10] Priručnik za zaštitu životne sredine u sektoru puteva. Izdavač: JP "Putevi Srbije", Beograd 2009

Informacije vezane za svjetlosna zagađenja dobijena su sa Interneta.

Illuminating Engineering Society of North America - URL: <http://www.aecnet.com/IES/ieshome.html>

New England Light Pollution Advisory Group - URL: <http://www.harvard.edu/cfa/ps/nelpaq>

Artificial Light in the Environment; Available at: <http://www.bookshop.parliament.uk>

ДРВОРЕДИ КАО СТРУКТУРНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ЗЕЛЕНИХ ПОВРШИНА ГРАДА

маст.инж. Мирјана Мешичек¹, инж. Александар Лисица¹, др Надежда Стојановић¹, др Невенка Галечић¹

¹Одсек за Пејзажну архитектуру и хортикултуру, Шумарски факултет, Универзитет у Београду, mirjana.mesicek@sfb.bg.ac.rs, aleksandar.lisica@sfb.bg.ac.rs, nadezda.stojanovic@sfb.bg.ac.rs, nevenka.galecic@sfb.bg.ac.rs

Резиме: Дрвореди су вредан и битан део урбане инфраструктуре, односно основни биолошки део градске структуре, који директно утиче на повећање квалитета живота у урбаној средини. Правилним планирањем, подизањем, перманентним одржавањем и управљањем дрворедима ствара се пријатнија атмосфера у граду, која са собом носи санитарну, хигијенску, еколошку, пејзажно-урбанистичку, естетску (визуелну) и економску корист. Дрвореди поред суштинског еколошког и естетског (визуелног), имају још и културни, психолошки и социјални значај. Рад представља систематизацију функција и значаја дрвореда као урбано-биолошког инфраструктурног елемента и везивне, еколошке компоненте сложеног система зелених површина града.

Кључне речи: дрвореди, систем зелених површина града, подизање зелених површина.

STREET TREE LINES AS STRUCTURAL ELEMENTS OF CITY'S GREEN INFRASTRUCTURE

M.Sc. Mirjana Mešiček¹, B.Sc. Aleksandar Lisica¹, Ph.D. Nadežda Stojanović¹, Ph.D. Nevenka Galečić¹

¹Department of Landscape architecture and horticulture, Faculty of Forestry, Belgrade University

Abstract: The street tree lines are a valuable and important part of an urban infrastructure and basic biological part of a city structure, which has a direct impact on increasing the life quality in urban areas. By proper planning, establishing, permanent maintenance and management of street tree lines, a pleasant atmosphere in the city is created, that brings sanitary, hygienic, ecological, landscape-urban, aesthetic (visual) and economic benefits. The street tree lines, besides the essential ecological and aesthetic (visual), have also cultural, psychological and social significance. The paper presents a systematization of the street tree lines functions and benefits as an urban-biological infrastructural element and a binding, organic component of the complex city's green infrastructure.

Key words: street tree lines, city's green infrastructure, establishing urban green spaces.

1. УВОД

Основна одлика савремених градова као динамичних система јесте њихова стална експанзија, односно ширење. Ширење градова најчешће се дешава на рачун околних природних или природи блиских елемената предела који имају значајну улогу у стварању укупног градског животног комфора. Уклањањем или смањењем зелених површина у приградским и рубним зонама града долази до знатног нарушавања урбане средине у еколошком смислу. Ове негативне консеквенце огледају се у променама биоклиматских параметра, повећању температуре ваздуха, стварању топлотних острва у граду, смањењу влажности ваздуха услед већег загревања изграђених површина, повећавању концентрације полутаната у ваздуху, повећању буке настале ширењем саобраћајне инфраструктуре и др.

Зелене површине су елементи структуре града који директно доприносе унапређењу услова живота ублажавајући еколошке проблеме у урбаним срединама. Зелене површине делују на микроклиму града, смањујући температурне екстреме, повећавајући влажност ваздуха, умањујући брзину ветра, редукујући јачину градске буке, спречавајући ширење полутаната у ваздуху и др. Међутим, у централним зонама града зелених површина често има мање него што је то у еколошком смислу потребно, некад их уопште и нема, или се јављају у виду мањих градских зелених фрагмената или озелењених улица у облику дрвореда и булевара. Како би се унапредила првенствено еколошка функција градских зелених површина у савременом планирању урбаних предела уведен је стратешки принцип умрежавања постојећих и планираних зелених површина, односно формирања јединственог

система зелених површина града. Систем зелених површина може се дефинисати као скуп различитих категорија градског и приградског зеленила, распоређених на територији града, повезаних међусобно булеварима и дрворедима, а преко приградских зелених површина и са системом или деловима система ванградског зеленила (Linč, 1974). Повезивањем градских паркова и других зелених површина града, односно њиховим умрежавањем, чувају се и поспешују еколошке функције зелених површина.

У односу на величину површине и размештај који у граду заузимају за урбане шуме, велике паркове и градске дрвореде можемо рећи да чине основне структурне елементе система зелених површина града. Урбане шуме са аспекта градског становника важне су површине за активну и пасивну рекреацију, док њихово присуство у стамбеним подручјима утиче на укупан доживљај природног окружења у граду (Vyomkesh et al., 2011). Градски паркови су значајни елементи система зеленила јер представљају витални део сложене мреже урбаних екосистема. Они учествују у изградњи инфраструктуре, омогућавају приступ јавним ресурсима, увећавајући економску виталност повећавају вредност имовина, реализацију локалног пословања, као и културне вредности ближе заједнице (Loures and Panagoroulos, 2007). Урбане шуме и градски паркови имају важан еколошки значај за урбане просторе у целини, док дрвореди имају специфичан значај у најужим градским центрима, односно оним зонама града које су у еколошком смислу и најугроженије. Са пејзажноархитектонског становишта за дрвореде се може рећи да су они живи градски урбано-биолошки инфраструктурни елементи, значајани екоурбанистички чиниоци. Као органски, зелени коридори, дрвореди су структурни елементи сложеног система зелених површина града.

2. ЗНАЧАЈ И ФУНКЦИЈЕ ДРВОРЕДА КАО ЕЛЕМЕНТА СИСТЕМА ЗЕЛЕНИХ ПОВРШИНА ГРАДА

Функције дрвореда временом су се мењале, али су оне основне остале непромењене до данашњих дана; улепшавање околине и пружање драгоцене сенке и предаха, пречишћавање ваздуха и др. И данас се правилним планирањем, подизањем и управљањем дрворедима ствара пријатнија атмосфера у граду, која са собом носи еколошку, санитарну, хигијенску, естетску, психолошку, културну и економску корист. Постојање дрвореда у урбаној средини основна је компонента за истицање квалитета живота и вредности заједнице у граду (Carter and Fowler, 2008).

Еколошка функција дрвореда на првом месту огледа се у ублажавању неповољне урбане микроклиме. Дрвореди утичу на смањење количине издувних гасова, повећавање релативне влажности ваздуха, смањење јаког сунчевог зрачења лети, снижавање нива градске буке и др. Умрежавањем и повезивањем зелених површина града, где дрвореди играју значајну улогу, формира се виталнији и са еколошког аспекта продуктивнији систем зелених површина града. У том смислу, посебан значај у проветравању града имају дрвореди који се простиру правцем дувања доминантног ветра. Посебно у уским и узиданим улицама дрвореди повећавају влажност градског ваздуха, који се иначе недовољно брзо мења, а лети се споро расхлађује.

Са еколошког аспекта веома су значајнији дрвореди који се налазе у зонама града где је драстично измењен састав ваздуха (локације које у току године премашују дозвољене вредности угљен-диоксида, угљен-моноксида, сумпор-диоксида, оксида азота, оксида олова, итд.). Такође, посебно су важни они дрвореди који представљају баријере или заштитне појасеве између загађивача и улице, као и они дрвореди које сачињавају врсте биљака са густим крошњама и маљавим листовима (*Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd., *Aesculus hippocastanum* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Tilia cordata* Mill., итд.) јер имају веће могућности задржавања механичких нечистоћа из ваздуха. Не мање важни су и дрвореди који се налазе у улицама изложеним дувању јаких ветрова, јер директно утичу на смањење брзине ветра као и на спречавање подизања и разношења прашине. Не треба изоставити ни дрвореде који опасују болничке комплексе у градовима. Услед измењене климе града и недостатка ултравиолетних зрака градски ваздух садржи много више штетних микроорганизама него што их има у ваздуху ван урбанизованих подручја, па је и деловање дрвореда тим значајније.

Пејзажно-урбанистичка функција дрвореда огледа се у својству затварања, ограничавања, повезивања, проширивања, смањивања, уравнотежавања и артикулацији спољашњег простора у граду. У томе се дрвореди готово сасвим изједначавају по значају са другим урбанистичким елементима града. Биљке у дрворедима ублажавају оштре архитектонске облике и линије, сједињују разнородне просторне елементе. У обликовању урбаних простора дрвореди поседују и својство унификације, тј. имају функцију уједначавања или ублажавања веће архитектонске различитости.

Зато приликом израде урбанистичких планова дрвореде треба најпре посматрати као просторну целину, са степеном њихове укомпонованости у постојећи систем зелених површина града, као и у остале архитектонско-урбанистичке објекте. Са просторног аспекта, значајани су и дрвореди који повезују две или више зелених површина, јер се на тај начин позитивно утиче на развој и виталност система зелених површина града. У том погледу најзначајнији су они дрвореди који представљају главне артерије, споне у систему зелених површина града. Вредан дрворед је и онај који прати и повезује интензивна пешачка кретања.

Урбанистички гледано, посебно су вредни стари дрвореди у самом градском центру. То су дрвореди који су већ уклопљени у постојећу градску инфраструктуру, који су адаптирани на неповољне услове градске средине и који имају можда и највећи санитарни значај (укупна површина лисне масе). Такође, значајни су и они дрвореди који се налазе испред јавних зграда, ако су концепцијски уклопљени у постојећу архитектуру и ако представљају јединствену визуелну целину. Градови који у свом урбаном ткиву (посебно централном) имају мало зелених површина (немају централни градски парк или градски парк) или су услови за њихово формирање непогодни, посебну пажњу треба да посвете подизању дрвореда који могу да представљају замену управо за те зелене површине.

Естетска функција дрвореда огледа се у ублажавању оштрих архитектонских линија, истицању визура и важних објеката. Естетске вредности биљака по себи јединствене су и не могу се заменити никаквим другим просторним или урбанистичким елементима. Као делови природе биљке за човека имају посебну вредност, јер позитивно утичу на посматрача захваљујући својој разноврсности, боји, текстури, величини и променљивости током времена. Променљивост биљака током године и током живота, игра светлости и сенке које биљке стварају у сунчаном периоду године, шум грана и шуштање лишћа су благодети које биљке у граду пружају становницима. У тродимензионалном свету у коме се одвија живот у граду, линија чини основу свих облича и визуелних својстава (Анастасијевић, 1999). Ако се кроз основни елемент форме једне биљне индивидуе посматра линија, може се видети да неправилне линије које цртају силуете дрвећа представљају реткост у градском пејзажу. Неправилне линије од којих се биљна форма састоји обезбеђују постојање линеарног контраста (хоризонталне, вертикалне и косе линије), ритма (смењивање правилних грађевинских и распршених биљних линија), равнотеже. Отуда, најпре, потиче изванредно велика естетска вредност украсних биљака поготову у оним градским четвртима које су густо изграђене (Анастасијевић, 1999). Значајан је, очигледно, сваки дрворед који је вешто укомпонован у ткиво града и који директно утиче на побољшање естетске, визуелне вредности средине, тј. дрворед који сам по себи представља вешто комбиновање естетских просторних законитости уз адекватну селекцију биљних врста.

Психолошка функција дрвореда је такође веома значајна. Зелене површине за човека представљају места опуштања, одмора, смиривања, рекреације и сл. У данашње време, услед све бржег темпа живота човек нема довољно времена да посећује паркове или оближње шуме, тако да извор ових благодети могу, бар делимично, да му пруже и дрвореди на путу до посла и куће.

Уопштено речено, утицај зеленила на психу савременог човека, несумњиво је велики. Људска бића од искона осећају да је одређени простор лепши уколико у њему има и биљака. Зелене површине, чак и оне најмање, представљају најважнију везу градског становника са природом, тако да и најмања биљка у градској средини за њега представља изузетно вредан и значајан украс. У психолошком смислу веома су значајни дрвореди који прате велике прометне магистрале, у којима бука често надмашује дозвољене вредности, јер звук од 100-120dB који се може чути на таквим саобраћајницама може изазвати оштећења чула слуха (Бунушевац, 1962). У изграђеним деловима града звуци се одбијају од зидова зграда, повећавајући ехо. Значајни су зато они дрвореди који се налазе у таквим улицама јер биљке утичу на то да се оштрина звука ублажава, да постане мање приметна, а тиме и мање штетна. То је веома важно ако се има у виду да је градски шум у улицама где нема дрвореда пет пута јачи у односу на случај када се у улици налазе дрвореди (Бунушевац, 1962).

Са психолошког аспекта веома су значајни дрвореди у улицама у којима се може запазити изражена социјална активност становника. Дрвореди оживљавају постојећа урбанистичка решења, хомогенизују и хуманизују простор улице. Из тог разлога, градски становници психолошки су везани за дрвореде.

Дрвореди као и други објекти у граду могу имати своју историју као и свој **културну функцију**. Са историјског аспекта значајни су нарочито они дрвореди који су настали и који обележавају одређени историјски период. Такође, значајни су и дрвореди који представљају део урбанистичког наслеђа

града или се налазе у улицама које имају одређени историјски и културни значај, какве су оне у старим градским језгрима, у историјским комплексима унутар некадашњих зидина, улице са више позоришта, библиотека или галерија, итд. Значајан је онај део уличне зелене структуре који у културолошком смислу осликава живот и његове константе, колико и његове промене током времена, као што су дрвореди који се налазе на историјски важним местима, местима која подсећају на значајне догађаје, историјске почетке или ломове, историјске прекретнице (Анастасијевић и Анастасијевић, 2012). Међу дрворедним стаблима могу се наћи и вредни примерци биљних врста који по својим димензијама и старости могу бити и законом заштићена стабла; такве дрвореде строго треба штитити и унапређивати. Дрвореде који означавају одређени период или стил у озелењавању (пејзажном обликовању урбаних простора) такође треба сматрати историјски вредним.

Значајни су, најзад, и сви они дрвореди који имају директну образовну и просветну функцију (дрвореди које сачињавају ендемичне или реликтне врсте). Означавањем таквих индивидуа именима (народним и латинским) откривају се пролазницима нове чињенице. Обележавањем старости појединих стабала развија се свест о пролазности. Такође, свако везивање појединих стабала за догађаје из ближе или даље прошлости доприноси развоју спона са духовним и историјским вредностима народа.

Правилно одржаван и негован дрворед утиче на повећање имовинске вредности просторних целина у граду, што додатно може да подстиче и државна и приватна улагања и инвестиције, односно дрвореди могу имати и индиректни економски значај.

3. ПОДИЗАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ ГРАДСКИМ ДРВОРЕДИМА

Услови у којима дрвореди у граду опстају су изразито неповољни и тешки. У зони улице готово се непрекидно емитују у ваздух штетни гасови, честице асфалта, гуме, метала и зидова зграда, прашина, оловне честице и други загађивачи. Ове честице затварају стоме листова, спречавајући асимилацију и транспирацију, и утичу на брзо пропадање биљака (Анастасијевић и Анастасијевић, 2012). Томе доприносе и недовољне количине воде у земљишту (сабијено, затворено - заливено асфалтом) и његово загађење сољу, нафтом и много више систематским таложењем загађујућих материја из ваздуха. Посебну пажњу треба посветити избору врста за дрвореде. Врсте се бирају на основу њихове отпорности на тешке услове средине, густине и разгранатости крошње, брзине пораста и отпорности на биљне болести и штеточине. Посебну пажњу треба посветити избору нових, младих стабала која треба да заузму место старих која су услед тешких услова су улицама изгубила вредност и функционалност.

Дрвореди представљају зелене површине које спадају у категорију зеленила опште намене. Дрвореди се разликују према: квалитету - дрвореди које чини једна (хомоген) или више (хетероген) врста; положају - у зависности од тога да ли у ширини улице постоје стабла са једне (једностран) или са обе стране (двостран) улице и структури - где разликујемо једноредне, дворедне или вишередне дрвореде у зависности од броја редова стабала који сачињавају дрворед. Вишередни дрвореди допуњени и другим биљним елементима прелазе у нову категорију зеленила - булеваре.

Прилоком реконструкције постојећих дрвореда посебну пажњу треба посветити раздвајању појмова дрвореда као зелене површине и хортикултурног века дрворедних стабала. Дрворед као зелена површина представља трајни просторни елемент у којој су биљке променљива величина. Биолошке вредности дрворедних стабала осликавају тренутно стање и степен интензитета предходног неговања, због чега су оне допунски, додатни показатељ процене квалитативне вредности дрвореда у целини. Вештачки одрживи екосистеми као што је дрворед захтевају и вештачко обнављање. Обнављањем дрвореда успоставља се "кружни ток", у коме једана стабла одумиру, а друга их замењују (стара или оштећена стабла мењају се млађим), чиме се дрворед подмлађује.

Од услова средине у којима расте нека биљна врста зависи динамика њеног пораста и достизање појединих развојних фаза, као и дуговечност. Истраживања просечне дужине живота највећег броја врста дрвећа у условима градских и ванградских зелених површина показују да ни у једној категорији зеленила одређене биљне врсте не могу у градским условима да доживе старост индивидуа исте те врсте у природи. То посебно важи за стабла дрвореда, код којих је дужина живота појединачног дрвећа неколико пута мања и ретко прелази границу од око 100 година, чак и кад су у питању веома дуговечне врсте. Истраживањем старости дрворедних стабала у Београду, од њих око 10 000 само је

5 било старије од 100 година, а укупно 48 припало је старосној класи од 90 до 100 година (Анастасијевић, 1979).

Због разлика у дужини живота једне врсте у граду и у њеним природним стаништима уведен је појам хортикултурног века који процењује старост биљака на основу истраживања дуговечности одређене врсте у врло неповољним градским условима. Дрворедна стабла старија од 70 година сматрају се ретким и врло значајним примерцима.

4. ЗАКЉУЧАК

Услед велике загађености уличног простора, погоршања биоклиматских параметара у граду, све интензивнијег присуства прашине и честица загађивача, као и изражене буке у многим улицама, поред естетске функције, значајне су и остале функције дрвореда у ублажавању неповољног стања уличних екосистема великих градова. Дрвореди, једном речју, умањују ефекте изграђености градске средине, ублажавају микроклиму и унесе природни, еколошки материјал у градско ткиво.

Функције дрвореда у градском простору сложеније су него што то на први поглед изгледа, а њихова анализа захтева свеобухватан приступ приликом планирања, подизања, реконструкције, очувања и унапређења дрвореда. Поред еколошке и естетске функције, градски дрвореди имају још и пејзажно-урбанистички, културни, психолошки, социјални и економски значај.

Дрвореде треба посматрати као значајне градске инфраструктурне елементе, чији шири значај зеленила далеко надмашује његову реалну зелену биљну масу. Последњих деценија дрвореди су постали један од обавезних структурних елемената система зелених површина града, свих саобраћајно оптерећених улица, доносећи у улични простор многе биотичке и абиотичке бенефите.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анастасијевић, Н. 1979. *Старост стабала дрвореда дуж улица централног дела Београда*, Магистарски рад, Шумарски факултет, Београд
- [2] Анастасијевић, Н., Анастасијевић, В. 2012. *Функционалност зелених површина Београда*, Монографија, Шумарски факултет, Београд.
- [3] Anastasijević, N., Vratuša, V. 1999. Analiza estetske vrednosti biljaka u formiranju slike velikog grada, Monografija, Zaštita životne sredine i prigradskih naselja, tom 1, Ekokonferencija 99, 22-25. Septembar, 1999, Novi Sad, 445-450.
- [4] Бунушевац, Т. 1962. Функције зелених површина насеља, Шумарство, стр. 351-373.
- [5] Byomkesh, T., Nakagoshi, N., Dewan, A. M. 2011. Urbanization and green space dynamics in Greater Dhaka, Bangladesh, Landscape and Ecological Engineering, p.45-58.
- [6] Carter, T., Fowler, L. 2008. Establishing Green Roof Infrastructure Through Environmental Policy Instruments, Environmental Management, pp. 151-164.
- [7] Linč, K. 1978. *Slika jednog grada*, Građevinska knjiga, Beograd
- [8] Loures, L., Panagopoulos, T. 2007. *Urban Parks and Sustainable City Planning-The Case of Portimão, Portugal*, Issue 10, Volume 3, pp. 171-180.

ГРАДСКЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ БЕОГРАДА КАО КОРИДОРИ ШИРЕЊА ИНВАЗИВНИХ И ПОТЕНЦИОНАЛНО ИНВАЗИВНИХ ДРВЕНАСТИХ ВРСТА БИЉАКА

др Надежда Стојановић¹, маг.инж. Мирјана Мешичек¹, др Невенка Галечић¹, мр Андреја Тутунџић¹, инж. Александар Лисица¹

Одсек за Пејзажну архитектуру и хортикултуру, Шумарски факултет, Универзитет у Београду
nadezda.stojanovic@sfb.bg.ac.rs, mirjana.mesicek@sfb.bg.ac.rs, nevenka.galecic@sfb.bg.ac.rs,
andreja.tutundzic@sfb.bg.ac.rs, aleksandar.lisica@sfb.bg.ac.rs

Резиме: Градови и урбани предели представљају почетне тачке у инверзији страних биљних врста а градске саобраћајнице коридоре и векторе њиховог даљег ширења на суседна подручја. Поједине стране биљне врсте у новој средини могу имати веома штетан утицај првенствено кроз њихову способност експанзивног ширења и инвазивност коју показују према домаћем биодиверзитету. Овај рад представља приказ заступљености страних, инвазивних и потенцијално инвазивних дрвенестих врста биљака на 38 репрезентативних зелених површина дуж 15 магистралних праваца на подручју Београда са циљем унапређења техника подизања и одржавања путног зеленила као и заштите домаћег биодиверзитета. Истраживањем је на издвојеним зеленим површинама евидентирано 104 дрвенаста таксона од коју 15 врста припада групи инвазивних и потенцијално инвазивних. Евидентирање присуства и утврђивање заступљености инвазивних и потенцијално инвазивних биљака, посебно оних из групе украсних дрвенестих, на зеленим површинама дуж градских саобраћајница може бити од посебног значаја код израде планова управљања путним зеленилом и предвиђања адекватних мера за њихово ефикасније сузбијање.

Кључне речи: инвазивне врсте биљака, градске саобраћајнице, урбана екологија

BELGRADE CITY ROADS AS DISPERSAL CORRIDORS OF INVASIVE AND POTENTIALLY INVASIVE WOODY PLANTS SPECIES

Ph.D. Nadežda Stojanović¹, M.Sc. Mirjana Mešiček¹, Ph.D Nevenka Galečić¹, mr Andreja Tutundžić, B.Sc. Aleksandar Lisica¹

¹Department of Landscape architecture and horticulture, Faculty of Forestry, Belgrade University

Abstract: The cities and urban areas are the starting points of non-native (exotic, alien) plants spreading, while the city roads are the corridors and vectors for their further expansion into the neighboring regions. Some exotic plant species in a new environment could have a very harmful effect, mainly through their ability of expansive spreading and invasiveness that is evinced towards the native biodiversity. This paper presents the representation of introduced, invasive and potentially invasive woody plant species on 38 representative green areas along the 15 main routes in the Belgrade region, in order to improve the establishing and maintenance technique of the road greenery and the local biodiversity protection. On the examined green areas, 104 woody taxa of which 15 species belong to the group of invasive and potentially invasive are recorded in this research. Recording presence and determining representation of invasive and potentially invasive plants, in particular those from the group of the ornamental woody plants, on the green areas along the city roads may be of a particular importance when creating the road greenery management plans and predicting the appropriate measures for more efficient suppression.

Key words: invasive plant species, urban (city) roads, urban ecology

1. УВОД

Како градови и урбани предели представљају почетне тачке за уношење, експанзију и инверзију страних врста, посебно биљних врста, тако градске саобраћајнице представљају потенцијалне коридоре и векторе даљег кретања интродукованих страних врста, ка суседним ванградским, природи блиским подручјима.

Иако су саобраћајнице већ препознате као важан фактор које доприносе ширењу страних врста биљака (Forman, 2000; Trombulak and Frissell, 2000) овај ефекат још није у потпуности истражен. Међутим, уочени су одређени обрасци и механизми утицаја саобраћајница и саобраћајне мреже на могућности ширења страних биљних врста (Schmidt 1989; Trombula and Frissell 2000). Транспортом робе и добара путеви постају својеврсни вектори и за транспорт и преношење семена страних врста

биљака у области у којима их раније није било. Технички поступци изградње и одржавања путева непосредно потпомажу стварањем погодних станишта за колонизацију алохтоних ()биљних врста. Крчењем аутохтоне вегетације, обликовањем, шарпирањем и огољавањем терена приликом трасирања саобраћајница, стварају се простори са плитким земљиштем који представљају идеална станишта за насељавање страних биљних врста (Frenkel, 1970; Trombulak and Frissell, 2000). Кошење као мера одржавања путног зеленила може да фаворизује неке стране врсте биљака јер су оне мање осетљиве од аутохтоних на поступак редукције биљне масе (Benefield et al., 1999). Ширењем стране врсте потискују аутохтоне што резултира смањењем покривности земљишта под домаћом вегетацијом (Tyser et al., 1998). Огољавањем и сабијањем земљишта непосредно уз путеве, стварају се сиромашнији услови земљишта, који су отворенији за инвазију јер често пута више погодују страним него аутохтоним врстама биљака (Frenkel, 1970). И самим подизањем плански осмишљених зелених површина дуж саобраћајница, неретко се уносе и оне врсте биљака које припадају групи страних, инвазивних или потенцијално инвазивних врста. Грбић et al. (2010) истичу да највећи број препознатих инвазивних биљака припада управо групи украсних дрвенастих биљака, које се уносе у урбане екосистеме садњом најчешће на јавним зеленим површинама.

Стране биљне врсте у новој средини могу имати веома штетан утицај, првенствено кроз њихову експанзивно ширење и инвазивност према домаћем биодиверзитету. Особина инвазивности страних врста сматра се великом претњом по укупни светски биодиверзитет и дефинише се као способност страних врста да се: 1 - прилагоде на нове услове средине, стварајући плодно потомство; 2 - репродукују и шире потискујући аутохтону вегетацију на велике раздаљине од матичних стабала заузимајући знатне површине (Richardson et al., 2000; Lambdon et al., 2008).

Евидентирање присуства и утврђивање заступљености инвазивних и потенцијално инвазивних биљака, посебно оних из групе украсних дрвенастих, на зеленим површинама дуж градских саобраћајница може бити од посебног значаја код израде планова управљања путним зеленилом и предвиђања адекватних мера за њихово ефикасније сузбијање.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

На подручју града Београда (према границама обухвата Генералног плана Београда, 2021) евидентирано је 15 градских магистралних саобраћајница (Зрењанински пут, Вишњичка улица, Јурија Гагарина, Партизански пут, Булевар краља Александра, Раковички пут и Патријарха Димитрија, Булевар ЈНА, Ибарска магистрала, Булевар Николе Тесле, Булевар Михајла Пупина, Тошин бунар, Панчевачки пут, Савска магистрала, Аутопут Е-75, Батајнички друм и цара Душана) дуж којих је издвојено 38 зелених површина које су оцењене као репрезентативни узорци који приказују адекватну дендролошку структуру зеленила дуж издвојених градских саобраћајница.

На издвојеним зеленим површинама извршена је детерминација дрвенастих таксона биљака и евидентирање инвазивних и потенцијално инвазивних дрвенастих биљних врста. Детерминација дрвенастих таксона извршена је према литературним изворима: Krüssmann (1986) и Jovanović (2000). Номенклатура је усклађена са *Flora Europaea* (Flora Europaea Database). Као основа за дефинисање инвазивних и потенцијално инвазивних врста коришћена је листа инвазивних и потенцијално инвазивних врста добијена током израде студије: *Екологија, мониторинг и технолошки поступци за контролу инвазивних биљака у биотопима Београда* (Грбић et al., 2010).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Дуж 15 градских саобраћајница на подручју Београда на 38 репрезентативних зелених површина извршена је анализа постојећих таксона дрвенастих биљака, на основу чега су добијени и резултати о присуству инвазивних и потенцијално инвазивних дрвенастих врста биљака.

На Зрењанинском путу евидентирани су две репрезентативне зелене површине на којим је извршена детерминација дрвенастих таксона. На овим локалитетима евидентирано је укупно 5 таксона дрвећа (*Populus nigra 'Italica'*, *Prunus cerasifera* Ehrh.) од којих 3 припадају групи инвазивних и потенцијално инвазивних (*Amorpha fruticosa* L., *Gleditsia triacanthos* L. и *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid.).

У Вишњичкој улици на 2 зелене површине евидентирано је укупно 19 различитих таксона, од којих 5 припадају групи инвазивних или потенцијално инвазивних. Од дрвенастих таксона евидентирани су: *Betula verrucosa* Ehrh., *Cornus sanguinea* L., *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Crataegus monogyna* Jacq., *Forsythia × intermedia* Zabel, *Forsythia viridissima* Lindl., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Sambucus nigra* L., *Syringa vulgaris* L., *Tilia caucasica* Rupr., *Tilia × euchlora* K. Koch и *Ulmus minor* Mill. Од инвазивних и потенцијално инвазивних врста присутни су: *Acer negundo* L., *Hibiscus syriacus* L., *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid., *Morus alba* L. и *Robinia pseudoacacia* L..

На једној репрезентативној зеленој површини у улици Јуруја Гагарина евидентирано је укупно 4 дрвенасте врсте (*Populus alba* L., *Populus nigra* L. и *Rhus typhina* L.) од којих 1 припада инвазивним или потенцијално инвазивним - багрем (*Robinia pseudoacacia* L.).

Дуж магистралне саобраћајнице Партизански пут издвојене су 3 репрезентативне зелене површине на којима је евидентирано 22 различита дрвенаста таксона (*Acer pseudoplatanus* L., *Cercis siliquastrum* L., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Forsythia × intermedia* Zabel, *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl, *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Juglans regia* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Pinus nigra* J.F. Arnold, *Platanus × acerifolia* (Aiton) Willd., *Populus euramericana* Guinier, *Prunus cerasifera* Ehrh., *Quercus robur* L., *Rosa canina* L., *Spiraea × vanhouttei* (Briot) Carrière, *Sambucus nigra* L., *Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake, *Thuja orientalis* L. *Ulmus laevis* Pall.) од којих 3 припадају инвазивним или потенцијално инвазивним (*Acer negundo* L., *Hibiscus syriacus* L. и *Koelreuteria paniculata* Laxm.).

У Булевару краља Александра издвојене су 3 зелене површине на којима је евидентирано укупно 19 дрвенастих таксона од којих само пајавац (*Acer negundo* L.) припада групи инвазивних или потенцијално инвазивних. Од дрвенастих таксона на издвојеним зеленим површинама присутни су и: *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer tataricum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth, *Euonymus japonicus* Thunb., *Juglans regia* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Lonicera pileata* Oliv. *Platanus × acerifolia* (Ait.) Willd., *Populus nigra* L., *Sorbus scandica* Fries., *Spiraea × vanhouttei* (Briot) Carrière, *Syringa vulgaris* L. *Taxus baccata* L., *Thuja gigantea* Nutt., *Thuja orientalis* L. и *Tilia tomentosa* Moench.

У улици Раковички пут и Патријарха Димитрија на 3 зелене површине евидентирано је укупно 14 дрвенастих врста (*Acer platanoides* L., *Cornus sanguinea* L., *Fagus moesiaca* (K. Malý) Czeaczott, *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Fraxinus ornus* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Platanus × acerifolia* (Ait.) Willd., *Populus alba* L., *Prunus avium* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Salix alba* L. и *Sambucus nigra* L.) од којих 2 (*Acer negundo* L. и *Robinia pseudoacacia* L.) припадају групи инвазивних или потенцијално инвазивним врстама.

У Булевару Ослобођења издвојено је 5 репрезентативних зелених површина. Евидентирано је 18 различитих дрвенастих таксона. Две врсте дрвећа - пајавац (*Acer negundo* L.) и багрем (*Robinia pseudoacacia* L.) припадају инвазивним или потенцијално инвазивним врстама. Поред наведених евидентирани су и следећи дрвенасти таксони: *Acer campestre* L., *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer tataricum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Betula verrucosa* Ehrh., *Fraxinus ornus* L., *Juglans regia* L., *Platanus × acerifolia* (Ait.) Willd., *Pinus nigra* Arn., *Pinus silvestris* L., *Pinus strobus* L., *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea', *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco., *Tilia platyphyllos* Scop. и *Thuja orientalis* L.

На Ибарској магистрали издвојене су 3 репрезентативне зелене површине на којима је евидентирано 18 таксона (*Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Betula pendula* Roth, *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière, *Cornus sanguinea* L., *Corylus colurna* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Fraxinus excelsior* L., *Juglans regia* L., *Pinus nigra* J.F. Arnold, *Prunus cerasifera* Ehrh., *Prunus cerasus* L., *Rosa canina* L., *Salix alba* L., *Tilia × euchlora* K. Koch.) од којих пајавац (*Acer negundo* L.), црвени храст (*Quercus rubra* L.) и багрем (*Robinia pseudoacacia* L.) припадају групи инвазивних или потенцијално инвазивних врста.

У Булевару Николе Тесле на 3 издвојене зелене површине евидентирано је 29 дрвенастих таксона од којих 3 припадају инвазивним или потенцијално инвазивним. Присутни су: *Acer ginnala* Maxim., *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Berberis vulgaris* L., *Betula pendula* Roth, *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière, *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Forsythia*

xintermedia Zabel, *Juglans regia* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Ligustrum vulgare* L., *Juniperus virginiana* L., *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus nigra* J.F.Arnold, *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea', *Prunus laurocerasus* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Spiraea xvanhouttei* (Briot) Carriere, *Salix alba* L., *Symphoricarpos albus* (L.) S. F. Blake, *Syringa vulgaris* L., *Taxus baccata* L., *Tilia cordata* Mill. и *Tilia tomentosa* Moench. Од инвазивних и потенцијално инвазивних врста дрвећа евидентирани су: гледичија (*Gleditsia triacanthos* L.), маклура (*Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid.) и црвени храст (*Quercus rubra* L.).

На 3 репрезентативне зелене површине у Булевару Михајла Пупина евидентирно је 30 различитих таксона дрвећа од којих 6 припадају инвазивним или потенцијално инвазивним. Присутни су: *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière, *Cedrus deodara* (Roxb. ex D. Don) G. Don, *Corylus colurna* L., *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Forsythia x intermedia* Zabel, *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl, *Juglans regia* L., *Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Magnolia x soulangeana* Soul.-Bod., *Philadelphus coronarius* L., *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd., *Pinus nigra* J.F.Arnold, *Pinus strobus* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Pyracantha coccinea* M. Roem., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Syringa vulgaris* L., *Tamarix tetrandra* Pall. ex M. Bieb., *Thuja orientalis* L., *Tilia cordata* Mill., *Tilia x euchlora* K. Koch, и *Tilia tomentosa* Moench. Од инвазивних и потенцијално инвазивних врста присутни су: кисело дрво (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), пајавац (*Acer negundo* L.), сребрнолисни јавор (*Acer saccharinum* L.), амерички копривић (*Celtis occidentalis* L.), келпреутерија (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) и багрем (*Robinia pseudoacacia* L.).

У улици Тошин Бунар издвојене су 2 зелене површине. 18 различитих дрвенстих таксона је евидентирано од којих 4 (*Acer negundo* L., *Celtis occidentalis* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Ulmus pumila* L.) припадају групи инвазивним и потенцијално инвазивнима, такође присутни су и: *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* 'Atropurpureum', *Berberis vulgaris* L., *Berberis vulgaris* 'Atropurpurea', *Forsythia x intermedia* Zabel, *Philadelphus coronarius* L., *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd., *Populus alba* L., *Populus simonii* Carrière, *Prunus cerasifera* Ehrh., *Rhus typhina* L., *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Carriere, *Tilia cordata* Mill. и *Ulmus laevis* Pall.

На једној репрезентативној зеленој површини дуж Панчевачког пута евидентирано је 10 дрвенстих таксона (*Acer pseudoplatanus* L., *Betula pendula* Roth, *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Juglans regia* L., *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd., *Populus nigra* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Salix alba* L. и *Tilia platyphyllos* Scop.) од којих багренац (*Amorpha fruticosa* L.) припада групи инвазивних и потенцијално инвазивних.

У склопу зеленог појаса на Савској магистрали евидентирано је укупно 10 врста (*Juglans regia* L., *Populus alba* L., *Quercus cerris* L., *Prunus domestica* L. subsp. *insititia* (L.) C. K. Schneid., *Salix alba* L., *Sambucus nigra* L. и *Ulmus minor* Mill.) од којих 3 (*Acer negundo* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle и *Robinia pseudoacacia* L.) припадају групи инвазивних и потенцијално инвазивних врста.

На 5 издвојених зелених површина дуж аутопута Е-75 евидентирано је 49 различитих дрвенстих таксона од којих 9 врста припада групи инвазивних и потенцијално инвазивних: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Acer negundo* L., *Acer saccharinum* L., *Celtis occidentalis* L., *Hibiscus syriacus* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Robinia pseudoacacia* L. и *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott, Присутни су још и: *Acer campestre* L., *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Berberis thunbergii* DC., *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea', *Berberis vulgaris* L., *Betula pendula* Roth, *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière, *Cercis siliquastrum* L., *Celtis australis* L., *Cercis siliquastrum* L., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Cornus mas* L., *Cornus sanguinea* L., *Cotoneaster zabelii* C. K. Schneid., *Corylus colurna* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Deutzia scabra* Thunb., *Forsythia x intermedia* Zabel, *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Juglans regia* L., *Juniperus chinensis* L., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte, *Philadelphus coronarius* L., *Pinus nigra* J.F.Arnold, *Populus alba* L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea', *Prunus laurocerasus* L., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus robur* L., *Quercus robur* 'Fastigiata', *Syringa vulgaris* L., *Taxus baccata* L., *Tilia caucasica* Rupr., *Tilia cordata* Mill. и *Tilia tomentosa* Moench.

Дуж Батајничког друма и улице Цара Душана на издвојеној зеленој површини евидентирани су 4 врсте дрвећа (*Juglans regia* L. и *Platanus x acerifolia* (Ait.) Willd.) од којих 2 (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle и *Acer negundo* L.) припадају групи инвазивних или потенцијално инвазивних.

4. ЗАКЉУЧАК

Сумирањем резултата истраживања добијених дендролошком анализом 38 репрезентативних зелених површина дуж 15 магистралних праваца на подручју Београда утврђено је да су инвазивне и потенцијално инвазивне дрвенасте врсте биљака присутне дуж свих магистралних праваца. Евиденторано је укупно 15 дрвенастих врста које припадају инвазивним и потенцијално инвазивним (*Acer negundo* L., *Acer saccharinum* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Amorpha fruticosa* L., *Celtis occidentalis* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Hibiscus syriacus* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Morus alba* L., *Quercus rubra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Styphnolobium japonicum* (L.) Schott и *Ulmus pumila* L.).

Анализирањем заступљености различитих дрвенастих врста на истраживаном подручју утврђено је присуство укупно 104 таксона, од чега 15 (14,4%) врста припада групи инвазивних и потенцијално инвазивних. Најзаступљеније врсте које припадају инвазивним и потенцијално инвазивним су: пајавац (*Acer negundo* L.) који је евидентиран на истраженим зеленим површинама дуж 11 од 15 магистралних праваца и багрем (*Robinia pseudoacacia* L.) који је евидентиран на зеленим површинама дуж 8 од 15 истражених магистралних праваца. На зеленим површинама дуж 3 од 15 магистралних праваца евидентирани су: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Celtis occidentalis* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid., *Hibiscus syriacus* L., док су сребрнолисни јавор (*Acer saccharinum* L.), црвени храст (*Quercus rubra* L.) и багренац (*Amorpha fruticosa* L.) присутни дуж 2 од 15 истражених магистралних праваца. На истраженим зеленим површинама дуж 1 од 15 магистралних праваца евидентирани су: бели дуд (*Morus alba* L.), софора (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott), сибирски брест (*Ulmus pumila* L.) и махонија (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.).

На истраженим зеленим површинама дуж саобраћајница које пролазе кроз централне и високо урбанизоване зоне града евидентиран је мањи број инвазивних и потенцијално инвазивних дрвенастих врста биљака (Булевар краља Александра 1 врста; Јурија Гагарина 1 врста;) у односу на зелене површине дуж саобраћајница које пролазе кроз мање урбанизоване зоне града (Вишњичка улица 5 врста; Тошин бунар 4 врсте; Зрењанински пут 3; Савска магистрала 3 врсте; Ибарска магистрала 3 врсте;). Такође, већи број инвазивних и потенцијално инвазивних врста евидентиран је на истраженим зеленим површинама дуж саобраћајница које су парковски уређене, које су на зелене површине унете као декоративне, хортикултурне врсте (Аутопут Е-75 9 врста; Булевар Михајла Пупина 6 врста; Булевар Николе Тесле 3 врсте). Овакви резултати указују да би посебну пажњу у контексту спречавања ширења инвазивних врста требало обратити на приградске површине које су због мање густине градње подложније утицајима, као и превенцији интродукције у парковски уређеним површинама, што се првенствено може постићи правилном избору врста током процеса пројектовања зелених површина.

Acknowledgement

This paper was realized as a part of the project "Studying climate change and its influence on the environment: impacts, adaptation and mitigation" (43007) financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia within the framework of integrated and interdisciplinary research for the period 2011-2014.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Benefield, C. B., Di Tomaso, J. M., Kyser, G. B., Orloff, S. B., Churches, K. R., Marcum D. B., Nader, G. A. 1999. Success of mowing to control yellow starthistle depends on timing and plant's branching form, *California Agriculture* 53:17–21.
- [2] Forman, R. T. (2000): Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States, *Conservation Biology* 14:31–35.
- [3] Frenkel, R. E. 1970. *Ruderal vegetation along some California roadsides*, University of California Press, Berkeley.
- [4] Грбић, М., Ђукић, М., Обратов-Петковић, Д., Цвејић, Ј., Томићевић, Ј., Скочајић, Д., Ђунисијевић-Бојовић, Д., Бједов, И., Радуловић, С., Васиљевић, Н., Тутунџић, А., Марковић, М., Гагић, Р. 2010.

Екологија, мониторинг и технолошки поступци за контролу инвазивних биљака у биотопима Београда, Студија, Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

[5] Jovanović, B. 2000. *Dendrologija*, VI izdanje, Beograd.

[6] Krüssmann, G. 1986. *Manual of cultivated broad – leaved trees & shrubs*. Volume I, II, III. Translated by M.E.IPP., London.

[7] Lambdon, W. P., Pyšek, P., Basnou, C., Hejda, M., Arianoutsou, M., Essl, F., Jarošík, V., Pergl, J., Winter, M., Anastasiu, P., Andriopoulos, P., Bazos, I., Brundu, G., Celesti-Grapow, L., Chassot, P., Delipetrou, P., Josefsson, M., Kark, S., Klotz, S., Kokkoris, Y., Kühn, I., Marchante, H., Perglová, I., Pino, J., Vilà, M., Zikos, A., Roy, D., Hulme, E. P. 2008, *Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs*, Preslia 80: 101–149.

[8] Richardson, M. D., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, G. M., Panetta, D. F., West, J. C. 2000. *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*, Diversity and Distributions, Vol. 6, Issue 2: 93-107.

[9] Schmidt, W. 1989. *Plant dispersal by motor cars*, Vegetatio 80:147–152.

[10] Trombulak, S. C., Friswell, C. A. 2000. *Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities*, Conservation Biology 14:18–30.

[11] Tyser, R. W., Asebrook, J. M., Potter, R. W., Kurth, L. L. 1998. *Roadside revegetation in Glacier National Park, U.S.A.: effects of herbicide and seeding treatments*, Restoration Ecology 6:197–206.

[12] Urbanistički zavod Beograda (2003), Generalni plan Beograda 2021, Beograd, Službeni list grada Beograda 27.

[13] *Flora Europaea* (Flora Europaea Database) - <http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp>

SPREČAVANJE KONFLIKATA IZMEĐU ŽIVOTINJA I SAOBRAĆAJA NA PUTEVIMA

Ana Vujičić¹, Darko Batinić²

¹ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ana.vujicic@uns.ac.rs

² Prirodno – matematički fakultet, Novi Sad, darko.ek.91@gmail.com

Rezime: Projektovanje i izgradnja saobraćajne infrastrukture zakonski je regulisano u cilju zaštite životne sredine. Ipak, dolazi do mnogih propusta prilikom održavanja putne opreme i objekata za zaštitu puta. Ne postoje adekvatni podaci o saobraćajnim nezgodama gde su učesnici životinje. Potrebno je vršiti blagovremena lociranja staništa životinja i stalna praćenja kretanja istih. Cilj ovog rada je pregled mera lociranja i zaštite faune od uticaja puta, sa osvrtom na područje Vojvodine. Date su tehničke mere koje se izvode na putevima u odnosu na njihovu klasifikaciju. Pokazana je primena signalizacije i opreme pri saobraćajnoj infrastrukturi koja omogućava prolaze i prelaze životinja preko puta. Izdvojene su grupe životinja te njihovi predstavnici, specifični za područje Vojvodine. Kod nas još uvek ne postoje relevantni zakoni o regulaciji prelaska životinja preko puta, ali Evropske direktive u ovoj oblasti su mnogobrojne. Infra Eco Network Europe (IENE) sa akcijom "COST 341 - Razdvajanje prirodnih staništa zbog transportne infrastrukture", predstavlja osnov za kreiranje mera očuvanja biodiverziteta u okolini puteva. Adekvatnim projektovanjem, postavljanjem i održavanjem zaštitne opreme i signalizacije se smanjuje smrtnost životinja na putevima i poboljšava bezbednost svih učesnika u saobraćaju. Obzirom na zastupljenost ruralnih sredina, potrebno je vršiti učestalija praćenja i analize konflikata između pojedinih životinja i saobraćaja na putevima.

Ključne reči: putni objekti, oprema za zaštitu puta, biodiverzitet, IENE, monitoring

PREVENTION CONFLICTS BETWEEN ANIMALS AND TRAFFIC ON ROADS

Ana Vujičić¹ Darko Batinić²

¹ Faculty of technical sciences, Novi Sad, ana.vujicic@uns.ac.rs

² Faculty of sciences, Novi Sad, darko.ek.91@gmail.com

Abstract: Design and construction of road infrastructure is based on many statues of environmental protection. Occasionally, there are a lot of errors by servicing road equipment and by installation of road signs and equipment. There aren't data about how much animals are died in traffic accidents. Now, it is needed to locate habitat of animals and to keep follow them in road zones. The aim of this paper is protection flora and fauna in road zones of Vojvodina. Technical review of signalization and equipment is based on habitants of animals. It was shown who are specifically representative from every group animals in road zones of Vojvodina. In Serbia there isn't advanced statues, but in European Union there is Infra Eco Network Europe (IENE) with action called "COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure". If we use that, we will preserve biodiversity in our country. Traffic safety and lifes of animals will be improved by adequately design, installation and observance of road infrastructure. Our region needs more studies about conflicts between animals and traffic (drivers or objects on road). The importance of these researches is conservation of endangered species in many of rural places.

Keywords: objects in the road, road protect, biodiversity, IENE, monitoring

1. UVOD

Prirodna staništa životinja se fragmentišu u slučajevima izgradnje saobraćajnica, naročito u ruralnim sredinama. Biodiverzitet predstavlja biološku raznovrsnost, a očuvanje istog podrazumeva nenarušavanje flore i faune nekog područja. Iako je razvoj saobraćaja i transporta, globalizovao razmenu dobara i informacija, neosporivo je negativno delovanje istog na mnoge aspekte. Jedan od takvih problema i u svetu i kod nas, je fragmentacija prirodnih staništa životinja, izgradnjom ili rekonstrukcijom saobraćajnica.

Putna infrastruktura predstavlja fizičke prepreke za kretanje brojnih životinjskih vrsta. Dolazi do izolacije, zatim do smanjenja gustine populacija, a naposljetku i do nestanka pojedinih vrsta. Presecanjem staništa, naročito u okolini autoputeva kao najkompleksnijih objekata, životinje se odlučuju na seobu i aktivno prelaze put u potrazi za novim staništem. Kretanje životinja na putu, bilo sporo, bilo brzo, izaziva mnoge saobraćajne nezgode, pošto vozači ne očekuju takve situacije (uprkos signalizaciji), a i ne mogu da prilagode brzinu blagovremeno.

¹ Autor zadužen za komunikaciju: ana.vujicic@uns.ac.rs

1.1. PREDMET RADA

U ovom radu biće analizirana zaštita životinja od uticaja drumskog saobraćaja, odnosno daje se predlog mera opreme i signalizacije u tu svrhu, kao i sprečavanje saobraćajnih nezgoda u kojima su učesnici životinje. Ovaj problem se tiče kako prostornih planera, odnosno inženjera – građevinarstva i saobraćaja, tako i ekoloških stručnjaka u cilju što adekvatnije zaštite životne sredine na zadovoljstvo svih. Zavisno od ranga projekta izgradnje ili rekonstrukcije neke saobraćajnice/deonice, daju se smernice i izrađuju elaborati iz oblasti zaštite životne sredine u skladu sa zakonskom regulativom (videti poglavlje 2.).

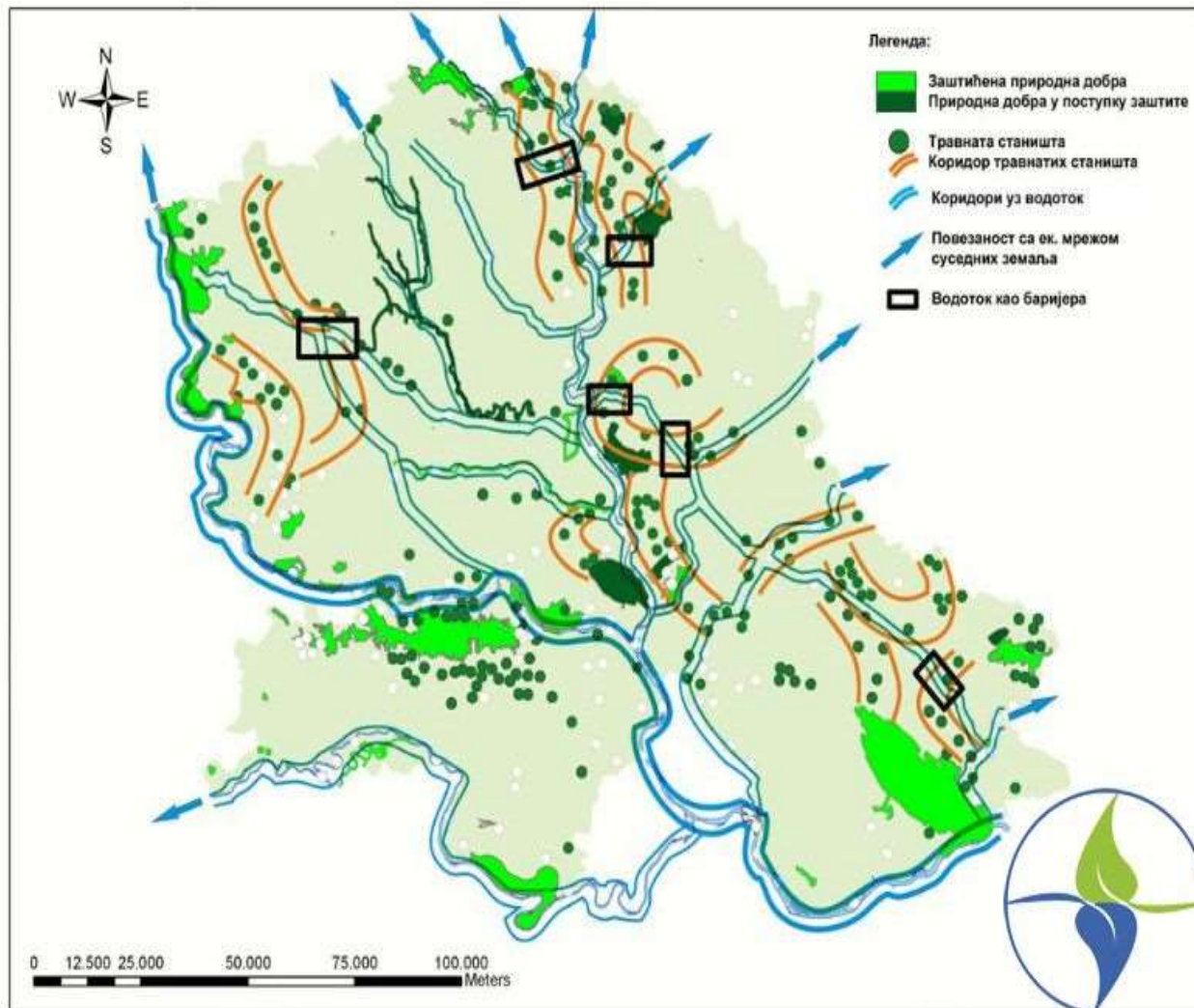
Posebno je dat akcenat na deonice puteva u AP Vojvodini. Primeri preporuke mera su u skladu sa mrežom puteva AP Vojvodine, koja je data na Slici 1. Svetska, kao i evropska iskustva su na zavidnom nivou. Postoje mnoge organizacije koje donose direktive iz ove oblasti. Sa druge strane, u Republici Srbiji opisani problem jeste prepoznat, pa i definisan. Ipak, još uvek nije adekvatno implementiran. Potrebno je intenzivnije podizanje svesti svih učesnika u saobraćaju i svih projekatnata opreme i signalizacije, sa osvrtom na zaštitu životinja i njihovih prirodnih staništa u područjima putne infrastrukture.



Slika 1. Mreža puteva AP Vojvodine
Izvor: Strategija razvoja i kategorizacije putne mreže u Vojvodini [4]

AP Vojvodina se odlikuje ravničarskim reljefom i stanovništvo se u velikoj meri bavi poljoprivredom i prehrambenom industrijom. Sledi da je mreža saobraćajnica gusta, obzirom na broj naseljenih mesta. Analizirajući Sliku 1., napominje se da su zelenom bojom označeni autoputevi, narandžastom putevi prvog reda (nekadašnji magistralni), rozom putevi drugog reda (nekadašnji regionalni), a žutom lokalni (opštinski) putevi. Napominje se da se u AP Vojvodini nalaze Nacionalni park “Fruška gora”, rezervati “Delibatska peščara” i “Obedska bara”, te još preko 20 specijalnih rezervata. Slika 2. ilustruje brojnost zaštićene flore i faune u AP Vojvodini.

Obzirom na karakteristike predela Vojvodine i mrežu saobraćajnica sa značajnom frekvencijom saobraćaja, zaključuje se da su konflikti čoveka i životinja u saobraćaju svakodnevni. Tome doprinosi i održavanje puteva koje ponekad nije u dovoljnoj meri. Održavanja državnih puteva su pod nadležnošću resornog Ministarstva za građevinarstvo, saobraćaj i infrastrukturu Republike Srbije, a lokalnih puteva pod nadležnošću opštinskih uprava. Osim građevinskih radova, koji doprinose bezbednijem i funkcionalnijem odvijanju saobraćaja, potrebno je vršiti i održavanja okolnog pojasa puta. Pri tome se misli na čišćenje putnih objekata i košenje zelenila, naročito u letnjem periodu i u manje urbanizovanim područjima.



Slika 2. *Bogatstvo prirodnih staništa AP Vojvodine*
Izvor: Pokrajinski zavod za zaštitu prirode [5]

1.2. CILJ I ZNAČAJ RADA

Dakle, cilj rada je poboljšanje izrade elaborata za zaštitu prirodnih staništa životinja prilikom projektovanja i izgradnje saobraćajne infrastrukture. Time bi se postiglo sledeće:

1. smanjenje degradacije i razdvajanje prirodnih staništa pojedinih životinjskih vrsta i
2. smanjenje smrtnosti životinja usled gaženja vozilom.

Osim ekoloških aspekata, postoji problem u komunikaciji i etičkim načelima pojedinih vozača kod nas. Stručnjaci smatraju saobraćajnom nezgodom sudar vozila sa životinjom, ali u Republici Srbiji je prisutna praksa zanemarivanja istog. Naročito u slučajevima sudara vozila i krupnijeg sisara, bilo predstavnika divljači ili životinje iz domaćinstva. Takve nezgode se uglavnom ne evidentiraju kod nadležnih organa, osim u ekstremnim slučajevima, tj. smrtnog stradanja vozača.

U prilog gore navedenom, navodi se trenutna zakonska regulativa:

Saobraćajna nezgoda je nezgoda koja se dogodila na putu ili je započeta na putu, u kojoj je učestvovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojoj je najmanje jedno lice poginulo ili povređeno ili je nastala materijalna

šteta [1]. Prema krivičnom zakonu Republike Srbije, krivični postupak se vodi za saobraćajne nezgode u kojima ima poginulih ili povređenih lica, odnosno u kojima je materijalna šteta veća od 200 000 dinara ($\approx 1\,625$ €, za maj 2017. godine) [2]. Ukoliko nema nastradalih lica, a pri tom je šteta manja od opisane, vodi se prekršajni postupak [3].

Planski sagledano, osavremenjavanje mera zaštite životne sredine zavisi od raspoloživih finansijskih sredstava, ali i od unapređenja monitoringa. Monitoring podrazumeva blagovremeno i kontinualno sistematsko praćenje stanja životne sredine u okolini puteva.

2. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE

U Republici Srbiji je 2012. godine formirana radna grupa koja je doprinela razvoju projektovanja puteva u skladu sa unapređenjem očuvanja životne sredine. Vodeći se najvećom akcijom na evropskom nivou do sada, izadat je Priručnik [6]. Akcija *COST 341: Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure* označava Razdvajanje prirodnih staništa zbog transportne infrastrukture, te je pokrenuta od strane *IENE - Infra Eco Network Europe*, radi očuvanja zdravih ekoloških aspekata u skladu sa izgrađenom infrastrukturom. Od 1998. godine do danas, može se reći da je dve trećine evropskih zemalja poduzelo mere na tom polju, a trećina najrazvijenih i uspešno implementirala opremu i signalizaciju na putevima. Monografija *Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions* ("Divlje životinje i saobraćaj: Evropski priručnik za utvrđivanje konflikata i pronalaženje rešenja") upravo predstavlja polazni materijal za formiranje priručnika.

Ratifikovani su međunarodni i evropski propisi dati u Tabeli 1., dok se u Tabeli 2. nalaze važeći nacionalni propisi. Vidi se da pojedini pravilnici nisu izmenjeni godinama, a putna oprema i signalizacija sve više podležu novim inteligentnim sistemima, koji su i bezbedni i vizuelno odgovarajući u ambijentu.

Trenutno je aktuelizovan termin tzv. *zelena infrastruktura*, u okviru Evropske unije. Predstavlja plan povezivanja prirodnih i geografskih sredina u specijalne eko – servise [7].

Tabela 1. Ratifikovani međunarodni i evropski propisi u Republici Srbiji

NAZIV SLUŽBENOG DOKUMETA	DATUM RATIFIKACIJE U SRBIJI (GODINA)
Konvencija o biološkoj raznovrsnosti – Rio konvencija (The convention on biological diversity – CBD)	2001.
Arial Konvencija o očuvanju migratornih vrsta divljih životinja – Bonska konvencija (The convention on the conservation of migratory species of wild animals – CMS)	2007.
Konvencija o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa – Bernska konvencija (The convention on the conservation of European wildlife and natural habitats)	2007.
Konvencija o vlažnim staništima – Ramsaarska konvencija (Službeni list SFRJ – Međunarodni ugovori, br. 9/77); Okvirna konvencija o zaštiti i održivom razvoju Karpata	2007.
Direktiva 92/43/EEC o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore – evropska direktiva o staništima i vrstama Direktiva 2009/147/EC o očuvanju divljih ptica Direktiva o proceni uticaja određenih javnih i privatnih projekata na životnu sredinu Direktiva 2001/42/EZ o proceni uticaja određenih planova i programa na životnu sredinu	pridržavati se u skladu sa ulaskom Srbije u EU

Izvor: Priručnik [6]

Tabela 2. Aktuelna primena zakona i pravilnika u Republici Srbiji

NAZIV SLUŽBENOG DOKUMETA	AŽURNOST U SLUŽBENOM GLASNIKU RS
Zakon o zaštiti životne sredine	14/2016
Zakon o zaštiti prirode	14/2016
Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu	88/2010
Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu	36/2009
Uredba o ekološkoj mreži	102/2010
Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva	14/2016
Pravilnik o specijalnim tehničko - tehnološkim rešenjima koja omogućavaju nesmetanu i sigurnu komunikaciju divljih životinja	72/2010
Pravilnik o kriterijumima za izdvajanje tipova staništa, o tipovima staništa, osetljivim, ugroženim, retkim i za zaštitu prioriternih tipovima staništa i o merama zaštite za njihovo očuvanje	35/2010

Izvor: Priručnik [6]

3. ANALIZA I MERE SPREČAVANJA KONFLIKATA

Pre procene stručnjaci treba da analiziraju da li su neke od vrsta životinja posebno ugrožene i preti im nestanak. Smernice koje se moraju poštovati su sledeće:

- Monitoring postojećeg stanja okoline;
- Procena uticaja puta u toku izgradnje i u toku buduće eksploatacije;
- Vrednovanje pomoću skale ugroženosti;
- Projekat ograničavanja kretanja životinja;

Postupak izrade mera zaštite faune od saobraćaja se realizuje paralelno sa izradom idejnog projekta u oblasti saobraćajnica (pogledati Zakon o planiranju i izgradnji Republike Srbije, Službeni glasnik RS 145/2014). Analogno preporučenim smernicama, postupak se odvija u sledeće tri faze:

1. Lociranje ugroženih, retkih i zaštićenih životinjskih vrsta u zoni uticaja saobraćajnice uz ispitivanje mogućnosti njihovog očuvanja u što većoj meri pomoću putnih objekata i zaštitnih sredstava;
2. Predstavljanje stepena ranjivosti u odnosu na brojnost populacija, te izveštavanje o postojećem/prognoziranom stanju saobraćajnog opterećenja i uopšte eksploataciji saobraćajnice;
3. Projekat mera zaštite, sa mestima instalacije i troškovima; [6]

3.1. PROCENA UTICAJA

Radi funkcionalnog postavljanja saobraćajne signalizacije i opreme, predlaže se analiza prema osnovnim grupama životinja u našim krajevima. Prema važećoj zakonskoj regulativi, usvojena je skala procene u šest nivoa, data u Tabeli 3. [6]

Tabela 3. Skala uticaja putne infrastrukture na faunu

UTICAJ	DEFINICIJA
pozitivan	izgradnja i/ili eksploatacija puta će imati pozitivan uticaj na uslove života životinja
nema	izgradnja i/ili eksploatacija puta neće imati nikakav uticaj na faunu
mali	povremeno prisustvo manjeg broja ugroženih, retkih i zaštićenih vrsta samo u područjima koja nisu direktno pogođena intervencijom i na rubu područja uticaja; ne prekidaju se putevi za kretanje životinja
umeren	stalno prisustvo malog broja ugroženih, retkih i zaštićenih vrsta; manja razdvajanja prirodnih područja, putevi za kretanje životinja samo su delimično prekinuti
veliki	stalno prisustvo velikog broja ugroženih, retkih i zaštićenih vrsta čije su skupine smanjene usled intervencije; umereno razdvajanje retkih i ugroženih prebivališta; prekidi i razdvajanje puteva za kretanje životinja; potrebno usvojiti odgovarajuće mere za nadoknadu štete i/ili ublažavanje prilikom intervencije
ogroman	stalno prisustvo velikog broja ugroženih, retkih i zaštićenih vrsta i kritično smanjenje ili potpuno izumiranje: potpuno odsecanje puteva za kretanje životinja; velika verovatnoća da će doći do izumiranja nekih vrsta; intervencija nije dozvoljena

Izvor: Priručnik [6]

3.2. ANALIZA UGROŽENIH GRUPA ŽIVOTINJA I PREDSTAVNICI

Poštujući evropsku akciju IENE - COST 341, ovdašnji stručnjaci su preporučili lociranje konflikata shodno vrstama životinja. Vodeći se tim, formirana je Tabela 4. sa srodnim primerima koji su zastupljeni u našim krajevima. Podrazumeva se da predstavnici karakterističnih grupa učestvuju u saobraćajnim nezgodama sa jedne strane (naročito sisari), a sa druge strane - putna infrastruktura i odvijanje saobraćaja im ugrožava stanište.

Tabela 4. Karakteristični konfliktni predstavnici životinja u Vojvodini

GRUPA ŽIVOTINJA	KARAKTERISTIČNI PREDSTAVNICI
SISARI	<ul style="list-style-type: none"> • razne domaće životinje: krava, konj, ovca, koza, pas, mačka ... • divljač: lisica, ris, kuna, tvor, jazavac, divlja svinja, jelen, srndać, jež, miš, veverica, zec, tvor, slepi miš, krtica, veverica, dabar...
KOPNENI BESKIČMENJACI	razni insekti; kišna glista ...
PTICE	<ul style="list-style-type: none"> • domaća živina: kokoška, guska, čurka, patka ... • divlje ptice: razne sove, fazan, sivi soko, golub, poljska jarebica ...
VODENI ORGANIZMI	razne ribe i vodene ptice ... (ukrštanja putne infrastrukture sa vodenim tokovima – gradnja i eksploatacija)
VODOZEMCI	daždvenjak, mrmoljak, razne žabe ...
GMIZAVCI	razne zmije i gušteri: slepić, belouška, blavor, smuk; kornjača ...

3.3. IZVOĐENJE MERA ZAŠTITE ŽIVOTINJA OD SAOBRAĆAJA

Mere su podeljene dvojako, tj. na one koje se tiču na smanjenje ugroženosti/smrtosti životinja i na one kojima se čuvaju veze između razdvojenih staništa. Jasno je da se iste ne isključuju, nego prepliću. U Tabeli 5. su predstavljene najučestalije mere zaštite, specifične i izvodljive na posmatranom području. U daljim segmentima slede primeri iz prakse. U nastavku teksta, detaljnije se objašnjava konflikt saobraćaja i svake od grupa životinja. Navedene su mere koji se najčešće koriste, kao i ilustrovani primeri shodni našim krajevima.

Tabela 5. *Primena mera radi sprečavanja konflikata*

GRUPA ŽIVOTINJA	ZAŠTITNE MERE	OBJEKTI PRIMENE
SISARI	zaštitne ograde – fizičke i električne saobraćajni znakovi - vertikalni ITS nadzor na bitnim mestima izgradnja prelaza i prolaza	putevi mostovi vijadukti
KOPNENI BESKIČMENJACI	odgovarajuće osvetljenje objekata	putevi mostovi vijadukti
PTICE	zaštitne ograde ograde za zaštitu od buke (gnezda)	putevi mostovi vijadukti
VODENI ORGANIZMI	regulacija vodenih tokova sistem odvodnjavanja	putevi mostovi vijadukti
VODOZEMCI	zaštitne ograde sistem odvodnjavanja izgradnja posebnih prelaza i prolaza	putevi mostovi vijadukti mostovi
GMIZAVCI	zaštitne ograde izgradnja posebnih prelaza i prolaza	putevi mostovi vijadukti

3.3.1. Sisari

Kako domaći, tako i divlji sisari svojom pojavom na putu, izazivaju saobraćajne nezgode koje prouzrokuju materijalnu štetu, eventualno, povrede/smrtost životinja i/ili vozača (saputnika). U posmatranim predelima dešava se smanjenje broja jedinki određenih sisara (radi njihovog nesmotrenog izlaska na put). Smatra se da je to nepredvidiv događaj za vozače, pa shodno tome vremena za reagovanje je nedovoljno.

Mere sprečavanja konflikta:

- upozorenja i saobraćajni znakovi – alarmiranje javnosti/vertikalna i svetleća signalizacija;
- ograde – zaštitne, usmeravajuće za životinje, električne sa regulatorom;
- kosine;
- usmerene svetiljke, tako da je svetlost odgovarajuće talasne dužine
- prolazi;
- prelazi;
- specijalizovani produžeci pri mostovima i vijaduktima;

Iako iziskuju najviše materijalnih troškova, najpozitivniji primer zaštitne mere su prelazi, tzv. "zeleni mostovi" ili ekodukti. Predstavljaju namenski izgrađene objekte koji omogućavaju povezanost ekosistema i zahtevaju redovno održavanje. Na Slici 3. je prikazan takav objekat, prilagođen mogućnostima u našim krajevima. Širina, dužina, oblik i vegetacioni pokrivač ekodukta su u sprezi sa ciljanom grupom životinja za zaštitu. Osim rešenja za sisare, ekodukti su pogodni i za prelaz beskičmenjaka kao i na usmeravanje ptica i insekata (odvratanje od saobraćajnih tokova). Ekodukte treba postaviti u mesta koja nisu opterećena spoljnim kretanjem i životom ljudi. Ljudi bi umanjivali efikasnost građevine svojim prelascima. Takođe, iz ilustrovanog primera se vidi razlika prelaza i prolaza.

3.3.2. Kopneni beskičmenjaci

Insekte privlači svetlost sistema rasvete, posavljene uz put. Uvažavajući lanac ishrane, za insektima dolaze razni bubojedi - manji sisari i sl. Npr. kod nas, dolazi do pojave stradanja slepih miševa od vozila i objekata.

3.3.3. Ptice

Ptice stradaju u udarima o vozilo, zaštitne ograde, akustične ograde i o delove mostova/vijadukta. Često se i upetljavaju u isto. Ipak akustične ograde povoljno utiču na opstanak ptičijih gnezda. Adekvatna rasveta takođe, jer potrebne su lampe sa usmerenom svetlošću.

Mere sprečavanja konflikta:

- neprovidne ograde za akustičnu zaštitu,
- usmereno svetlo.

3.3.4. Vodeno okruženje (vodeni beskičmenjaci, ribe, vodozemci i vodene ptice)

Saobraćajna infrastruktura pri prelazu preko vodenih tokova čini fizičku prepreku za kretanje životinja koje žive u vodi. Kišnica i otpadne vode sa kolovoza često su zagađene organskim zagađivačima (proizvodi od nafte i poliaromatski ugljovodonici) i teškim metalima (Pb, Cd).

Mere sprečavanja konflikta:

- prolazi za vodene životinje pri mostovima/vijaduktima,
- odvodnjavanje sa taložnicima za pesak i uljnim separatorima.

3.3.5. Vodozemci

Karakteristika ove grupe životinja je ta da koriste različita staništa. Stoga ostvaruju značajnu aktivnost. Neretko masovno, a neprimetno - stradaju na putu. Takođe, na iste negativno utiču štetne materije koje odvodnjavanje donosi u okolinu puta.

Mere sprečavanja konflikta:

- prolazi namenjeni specijalno za vodozemce,
- prenošenje putem korpi za vreme migracija,
- specijalne konstrukcije na mostovima i vijaduktima,
- odvodnjavanje sa separatorima ulja.

3.3.6. Gmizavci

Gmizavci svojom veličinom ne izazivaju saobraćajne nezgode, ali stradaju od drumskih vozila. Karakteristično za predeo posmatranja – gušteri i zmije bivaju pregaženi.



prelaz (ekodukt) - nadvožnjak



prolaz - podvožnjak

Slika 3. Elementi mera za prevazilaženje konflikta između saobraćaja i životinja
Izvor: Priručnik [6]

3.3. PREPORUKE ZA IZVOĐENJE MERA

Navedene su preporuke za projektovanje i izvođenje mera, kojih bi se projektanti trebalo uvijek pridržavati, u skladu sa *IENE – COST 341 i Priručnikom [6]*. Dat je njihov sažetak i sugestija.

Ograde:

Pogledati Sliku 4., za izgled ograda kod nas;

- različiti materijali (mreža, žica, plastika, drvo, metal);
- visina varira od zastupljenosti pojedinih sisara (1,50 – 2,80 m) i izvode se u skladu sa pticama i vodozemcima;
- osvrtna na početne i krajnje elemente pri instalaciji (radi zaobilaženja životinja, najbolje uz druge objekte da se postave);
- žičani materijali se osiguravaju protiv korozije.
- električne ograde treba postaviti na manjim dionicama, više kao privremeno rešenje.
- Akustične ograde (štite naselja od buke) i izvode se kao providne radi vizuelnog identiteta. Takve, smatra se nisu dobro rešenje za ptice. Preporučuju se neprovidne iste u nasljenim područjima, kako bi se zadržala staništa ptica sa obe strane puta. Usmeravajuće ograde služe za nesmetan prolaz sisara sa puta. Izvode se pomoću nagiba – rampi. Takođe, prilagođavaju se za beskičmenjake i moraju se ukombinovati sa sistemom odvodnjavanja.

Osvetljenje – potrebno je da se stavljaju natrijum – lampe sa niskim pritiskom. Emituje se svetlost koja je neprivlačna za insekte, a samim tim za njima se ne pojavljuju grabljivice ni slepi miševi.

Reflektujuće naprave – ne preporučuje se izvođenje ovih mera u našim krajevima, pošto iskustva pokazuju malu efikasnost istih. Princip rada im je da se ploče postave na nosače i reflektuju svetlost dolazećih vozila u okruženje puta.

Moderna signalizacija – poznata je tradicionalna praksa postavljanja vertikalne saobraćajne signalizacije u našim krajevima. Vozači se ne obaziru na to u dovoljnoj meri, stoga se implementirau napredni sistemi zasnovani na inteligentnim sistemima (infracrveni senzori, siluete, petlje).

Prelazi (nadvožnjaci) – potrebno je da budu širi od 10 m, kao i da budu zasađeni odgovarajućom vegetacijom, sa usmjeravajućim ogradama sa strana i izolacijom od buke.

Prolazi (podvožnjaci) su karaktersitični za neravne terene, npr. Fruška gora. Životinje koriste i odvodne kanale, ali predlaže se učestalije čišćenje prolaza, radi veće frekvencije životinja. Manji prolazi iziskuju prečnik u granicama 30 – 50 cm, kao i podlogu od zemlje ili kamena. Izvode se od betona ili plastike, a pazi se na nivo podzemene vode. U slučaju krupnijih sisara, izrađuju se prolazi koji podsećaju na tunele, širine 3 – 15 m, a visine oko 3m. Postavlja se prirodna vegetacija, usmeravajuće ograde i skrovišta.

3.5. MONITORING

Preporučuje se redovan monitoring radi identifikovanja nedostataka u postavljanju, izgradnji i održavanju gore pomenutih mera. Tako će se utvrditi efikasnost istih. Upoređivanje troškova i doprinosa, te ažuriranja baza podataka o staništima životinja će doneti uštede u budućim projektima. Najveći doprinos implementaciji ovih mera bi bio taj da se konačno uspostavi relevantna baza podataka o uginućima životinja na putu. Prvenstveno se cilja na sisare, obzirom na obostrane opasnosti i štete pri saobraćajnim nezgodama.

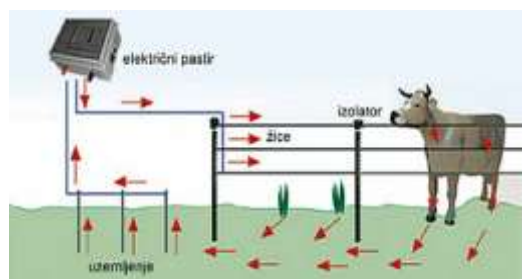
U svetu se primenjuju dve vrste monitoringa:

1. Rutinski monitoring – provera efikasnosti mera sa lokalnim merenjima (broj životinja koje koriste prolaz ili broj životinja koje su pregažene na kilometarskoj dionici saobraćajne infrastrukture) u skladu sa uspostavljenim standardima za izbor lokacije mere i načina izgradnje/održavanja.

Primeri rutinskog monitoringa su: utvrđivanje crnih tačaka na kojima dolazi do gaženja životinja i određivanje neprikladnih konstrukcija;

2. Ekološki monitoring – utvrđivanje izmena u genetskoj raznolikosti, rasporedu vrsta u prostoru, dinamici populacija, karakteristikama prebivališta i pejzaža.

Primeri ekološkog monitoringa: uticaj smrtnosti - koju prouzrokuje saobraćajna infrastruktura, na dinamiku populacije ciljnih vrsta; promene u ponašanju vrsta koje su indikatori; [6]



princip rada električne ograde, patentirane u Srbiji [8]



akustična ograda između parka i saobraćajnice



žičana ograda, za sprečavanje prolaska životinja

Slika 4. Vrste ograde koje su korišćene u Srbiji
Izvor: autori

4. PRIMERI DOBRE PRAKSE IZ INOSTRANSTVA

U svetu se konstantno vrše praćenja i analiziranja aktivnosti životinja na putu, a mere se primenjuju poslednjih 50 - ak godina. Autori su odabrali nekoliko najzanimljivijih činjenica, koje možda nisu dosada bile poznate širem okruženju, a lako bi bile primenljive kod nas.

- Zaključeno je da mere mogu pozitivno da utiču, tako što podstiču životinje na borbu za potomstvo i hranu. Organizovanje isključivo šumskih/livadskih koridora sa izolacijom bi ustvari narušilo lanac ishrane i aktivnosti pojedinih vrsta. Izvršeni su eksperimenti u Arizoni (SAD) i životinje su bile ograničene na jednu stranu saobraćajnice i došlo je do pada aktivnosti i razmnožavanja. [9]
- Cilj planiranja saobraćaja neke mreže ili celokupnog mesta je uspostavljanje modela koji će dati najbolji balans između saobraćajne ponude i saobraćajne potražnje. U Cirihi (Švajcarska) su izdvojene četiri mikrolokacije, u okviru kojih su posmatrana kretanja životinja karakterističnih za taj predeo. Ali, rang saobraćajnice je na sva četiri merna mesta bio različit. Snimanjem je izračunata mobilnost životinja, kao i rizik i načini stradanja od saobraćaja u zavisnosti od mikrolokacije. [10]
- U Žilini (Slovačka) je izvršen eksperiment koji se pokazao kao odličan u sprečavanju konflikata. Pomoću obične kamere i programskog jezika, razvijen je sistem pametne signalizacije, koja detektuje prelaz životinje preko puta, zatim razaznaje vrstu iste i šalje poruku vozačima na digitalizovane znake u oba smera - da je primećena životinja. Značaj ovog poduhvata se ogleda u nižim troškovima instalacije. [11]
- U Valoniji (Belgija) je urađena jedinstvena analiza saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali životinje, pošto su podaci bili u velikoj meri ispraćeni i to čak za 10 – godišnji period. Radi se o području sa razvijenom i gustom mrežom puteva. Javnosti su predočeni rezultati u slučaju prostorne i vremenske distribucije nezgoda, kao i u funkciji od podgrupa sisara. [12]
- U Santa Mariji (Brazil) je izvršen eksperiment na percepciju vozača. Na put je postavljeno lišće sa drveta, te plastične igračke u vidu zmija, pilića i velikih pauka. Princip je bio takav, da vozači održavaju odgovarajuću brzinu koju mogu da regulišu, te da pokušaju da izbegnu podmetnutu životinju. Modeli takvih životinja su postavljeni jer su zapravo neočekivani. Testirano je 2 400 vozača/vozila. Najviše su pogažene zmije, a najmanje pilići. [13]
- Dosada, najbolja istraživanja su dostignuta u Češkoj, formirane su opsežne baze podataka na osnovu upornog ispitivanja velikog broja vozača putem obaveznog upitnika. Formirane su karakteristične ugrožene vrste životinja kao i opsežna statistika o vremensko – prostornoj analizi nezgoda. [14] [15]

5. ZAKLJUČAK

Dat je jednostavn pregled preporuka za rešenje problematike potencijalnih kontakata između čoveka i životinja u saobraćaju. Ovakvi objekti i signalizacija su aktuelni poslednjih pola veka. Pitanje je kako postići unifikaciju standarda i ići u korak sa evropskim zemljama, bez ogromnih ulaganja, ali uz angažman stručnjaka i alarmiranje javnosti. Jasno je da saobraćajna infrastruktura najviše utiče na sisare u našim krajevima. Stoga je ova podgrupa najdetaljnije obrađena u radu. Vodeći se inostranim iskustvima, zaključeno je da osim neophodnih finansija uticaj na potpuno sprovođenje ovih mera ima i tradicija svake zemlje. Vrste životinja, reljef i vremenski uslovi variraju. Preporuka autora za područje Vojvodine je da se sprovede mera za

poboljšanje najugroženijih vrsta životinja na putevima kod nas. Naročito, da se više pažnje posveti gaženju krupnijih sisara (divljači - specifične kod nas) i neevidentiranju istog od strane vozača motornih vozila.

Literatura

- [1] *Krivični zakonik* ("Sl. glasnik RS", br. 94/2016)
- [2] *Zakon o prekršajima* ("Sl. glasnik RS", br. 13/2016 i 98/2016)
- [3] *Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima* ("Službeni glasnik RS", br. 96/2015 i 9/2016)
- [4] Grupa autora (2005.) *Strategija razvoja i kategorizacije putne mreže u Vojvodini*. JP "Zavod za urbanizam Vojvodine", Novi Sad, Srbija
- [5] Grafički prikaz podataka dostupan na geo – servisu *Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode*: <http://www.pzzp.rs/rs/sr/zastita-prirode/ekoloska-mreza.html> (maj, 2017.)
- [6] Grupa autora (2012.) *Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji*. JP "Putevi Srbije", Beograd, Srbija
- [7] Garmendia E., Apostolopoulou E., Adams W., Bormpoudakis D. (2016) *Biodiversity and green infrastructure in Europe: Boundary object or ecological trap?*, Department for geography, University of Cambridge, United Kingdom
- [8] "KomControl" – preduzeće industrijske elektronike, Jagodina, Srbija
- [9] Chen H. L., Koprowski J. (2016) *Barrier effects of roads on an endangered forest obligate: influences of traffic, road edges and gaps*, School of natural resources and the environment, The University of Arizona, USA
- [10] Van Strien M., Gret – Regamey A. (2016.) *How is habitat connectivity affected by settlement and road network configurations? Results from simulating coupled habitat and human networks*, Institute for spatial and landscape planning, ETH Zurich, Switzerland
- [11] Matuska S., Hudec R., Kamencay P., Trnovszky T. (2016.) *A video camera road sign system of the early warning from collision with the wild animals*, Department of Telecommunications and Multimedia, Faculty of Electrical Engineering, University of Žilina, Slovakia
- [12] Lehaire F., Morelle K., Mengal C. Lejeune P. (2012.) *Fine - scale analysis of ungulate - vehicle collisions in Southern Belgium*, Université de Liège, Belgium
- [13] Mesquita P., Lipinski V. M., Sa Polidoro L. (2016) *Less charismatic animals are more likely to be "road killed" human attitudes towards small animals in Brazilian roads*, Laboratório de Herpetologia, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- [14] Mrtka J., Borkovcova M. (2016) *Estimated mortality of mammals and the costs associated with animal – vehicle collisions on the road in the Czech Republic*, Department of Zoology, Fisheries, Hydrobiology and Agriculture, Mendel University in Brno, Czech Republic
- [15] Kušta T., Keken Z., Ježek M., Hola M., Šmid P. (2016) *The effect of traffic intensity and animal activity on probability of ungulate – vehicle collisions in the Czech Republic*, University of Life Science, Prague, Czech Republic

FITOREMEDIJACIJA I SMANJENJE ŠTETNIH UTICAJA VANGRADSKIH PUTEVA NA ŽIVOTNU SREDINU

Darko Batinić¹, Ana Vujičić²

¹ Prirodno – matematički fakultet, Novi Sad, darko.ek.91@gmail.com

² Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ana.vujicic@uns.ac.rs

Rezime: Savremeni način života, industrijalizacija, eksponencijalni rast populacije, porast trgovine dovode do potrebe za sve većom putnom infrastrukturom i povećanjem broja vozila, što uzrokuje sve veći pritisak i štetne efekte na životnu sredinu. Negativni efekti nastali upotrebom vozila mogu se efikasno ublažiti ili neutralisati pomoću procesa bioremedijacije, prevashodno fitoremedijacije, tj. sadnjom odgovarajućih biljno - zaštitnih pojaseva. Predmet ovog rada je predlog mera fitoremedijacije u cilju prevazilaženja negativnih uticaja po životnu sredinu na vangradskim deonicama puteva. Prema administrativnoj klasifikaciji puteva, održavanje gradskih saobraćajnica je u nadležnosti lokalnih zajednica. Pri tom se posvećuje više pažnje vizuelnom identitetu saobraćajnice u prostoru. Vangradske saobraćajnice koje pripadaju državnim putevima I i II reda, održavaju se od strane resornog ministarstva. Neusaglašavanjem održavanja na pojedinim deonicama dolazi do ugrožavanje biodiverziteta. Ovim radom, pokazano je kako da se na vangradskim putevima ublaže buka, štetne komponente izduvni gasova iz vozila te negativan uticaj soli u zimskim uslovima održavanja. Korišćenje fitoremedijacije predstavlja jedno od boljih rešenja, obzirom da vangradski putevi prolaze kroz manje naseljena mesta, a sadrže širi putni pojas. Pravilnim odabirom vegetacije moguće je obezbediti stvaranje mikrostaništa za pojedine vrste flore i faune. Stvaranje mikrostaništa saglasno je sa konceptom novih trendova u zaštiti životne sredine Evropske unije, Natura 2000.

Ključne reči: bioremedijacija, fitoremedijacija, buka, izduvni gasovi, so, Natura 2000 područja

PHYTOREMEDIATION AND REDUCING THE HARMFUL EFFECTS OF INTERURBAN ROADS ON THE ENVIRONMENT

Darko Batinić¹, Ana Vujičić²,

¹ Prirodno – matematički fakultet, Novi Sad, darko.ek.91@gmail.com

² Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ana.vujicic@uns.ac.rs

Abstract: The modern way of life, industrialization, exponential population growth, increased trade produce growing of road infrastructure and the increasing number of vehicles, what causing increasing pressure and adverse effects to the environment. Negative effects of vehicle using can reduce by bioremediation process, first phytoremediation, actually with planting of appropriate plant - protective zones. The subject of this paper is to propose measures phytoremediation in order to overcome the negative impact on the environment on a rural road sections. According to the administrative classification of roads, maintenance of urban roads is the responsibility of local communities. But in that process it more give attention to the visual identity of roads in the areas. Rural roads belonging to state roads I and II, are held by the relevant ministries. Mismatch of maintenance on some sections it happens there is endangering biodiversity. With this work, it is shown how to get on rural roads mitigate noise, harmful components of exhaust emissions and the negative impact of salt in winter maintenance. Using phytoremediation is one of the better solutions, since interurban roads passing through small settlements, and include expanding travel belt. Proper selection of vegetation, it is possible to ensure the creation of habitat for certain species of flora and fauna. Creating habitat in accordance with the concept of the new trends in environmental protection of the European Union Natura 2000.

Keywords: bioremediation, phytoremediation, noise, exhaust fumes, the Natura 2000 areas.

1. UVOD

Razvijenost saobraćajne infrastrukture ukazuje na čvrstu vezu sa ekonomskim razvojem jedne regije, što u svojim radovima opisuju [2]. Putevi zapravo predstavljaju fizičku manifestaciju socijalnih i ekonomskih veza i političkih odluka da se zemljištu promeni namena. Stalno je prisutna diskusija da li ovakve promene narušavaju složene interakcije među biološkim i socijalnim domenima, koje naposljetku stvara ova mreža. Postojanje ovih uticaja zavisi od društvenih struktura, a njihove fizičke karakteristike od strukture pejzaža. Iako je bitan uticaj putne infrastrukture na zaštitu životne sredine, ovi zahtevi su marginalizovani pri projektovanju, te stoga omogućavaju širok prostor za istraživanja. Sve do kraja XX veka projektanti se

¹ Autor zadužen za komunikaciju: darko.ek.91@gmail.com

fokusiraju na mrežne osobine puta, uticaj na korišćenje zemljišta, alokaciju, konkurentnost, pri tome zapostavljajući uticaj na zaštitu životne sredine [3]. U skorije vreme zaštita životne sredine privlači sve više pažnje za razliku od ranijih projektantskih ciljeva, međutim većina diskusija je fokusirana na pitanje održivog transporta i kvaliteta ljudskog života [4]. Daleko manje se obraća pažnja na posledice presecanja pejzaža, a samim tim i fragmentaciju staništa, koja za posledicu ima efekat ruba [5]. Povećan broj preglednih radova u ovoj oblasti govori da je neophodno analizirati uticaj putne infrastrukture na zaštitu životne sredine.

2. ŠTETNI UTICAJI PUTNE INFRASTRUKTURE NA ŽIVOTNU SREDINU

U daljem tekstu biće navedeni pojedini problemi koji mogu biti rešeni procesima fitoremedijacije. Bitno je napomenuti da su izdvojeni najvažniji isti, a da ih ima još.

2.1. HEMIJSKO ZAGAĐENJE

Izvori hemijskog zagađenja potiču kako od vozila tako i od same infrastrukture i njenog održavanja. Hemijski akcidenti su takođe bitan činilac u zagađenju. Bitno za sva hemijska zagađenja, njihova prodornost u životnu sredinu se razlikuje u zavisnosti od osobina, pa tako su neke lokalizovane samo uz neposrednu blizinu puteva [6]. Polutanti se u životnu sredinu šire kroz atmosferu ili putem čestica koje mogu biti nošene ili rastvorene u vodi. Najbolje tehnike za ublažavanje štetnog uticaja polutanata su one koje smanjuju njihovu prodornost u životnu sredinu.

Kompleksan i širok spektar polutanata dospeva u životnu sredinu preko kanala za odvodnjavanja, a to su ugljovodonici, azbest, olovo, kadmijum, bakar, hemikalije za održavanje infrastrukture, pesticidi itd [7].

U atmosferu dospevaju isparljive hemikalije poreklom iz vozila, a to su ugljen - monoksid, azot - dioksid, isparljiva organska jedinjenja, sumpor dioksid, olovo, metan, benzen, butadien, formaldehidi itd. Naknadnim reagovanjem formiraju se sekundarni zagađivači u vazduhu, a glavni je ozon koji nastaje u reakciji azotnih oksida i isparljivih organskih jedinjenja. Prema podacima *Američke agencije za zaštitu životne sredine*, broj umrlih u saobraćajnim nezgodama jednak je broju umrlih od oboljenja uzrokovanih zagađenjem vazduha od motornih vozila. Iz ovih razloga zagađenje vazduha smatra se kao najznačajnija posledica uticaja putne infrastrukture [8].

2.2. PROMENE U HIDROLOŠKOM SISTEMU

Uticaj puteva na prirodne akvatične sisteme zavistan je od lokacije kao i drenaže i nagiba. Putevi mogu delovati kao manji rezervoari za vodu, kao prepreka, ili pak mogu ubrzati oticanje vode [9]. Kao posledica ovih promena može doći do prebrzog kretanja vode i oštećenja bedema i kanala, a time i plavljenja regija koje se nalaze nizvodno [10].

2.3. EROZIJA

Putevi su često povezani sa pojavom erozije i povećanog taloženja sedimenata u vodotocima. Ove pojave su naročito značajne u šumarstvu, gde dolazi do uklanjanja vegetacije i izlaganja zemljišta eroziji. Nakon uklanjanja vegetacije prvenstveno šume, dolazi do stvaranja klizišta i drugih oblika erozije [11]. Ovakav primer imamo u Vojvodini na planini Fruškoj gori, a uostalom i na više lokacija širom Srbije.

2.4. BUKA

Povećanje nivoa buke jedan je od najznačajnijih negativnih efekata autoputeva na životnu sredinu i ljude u blizini istog. Iako se unazad nekoliko decenija aktivno vrše detektovanja i istraživanja buke kao posledice saobraćaja, efekti po divlje populacije su i dalje nepoznati [12]. Buka različito utiče na različite vrste životinja, a kao najugroženije se izdvajaju ptice [13].

3. FITOREMEDIJACIJA U CILJU SMANJENJA ŠTETNIH EFEKATA HEMIJSKOG ZAGAĐENJA PUTNE INFRASTRUKTURE

Alternativne metode, koje koriste biljke za uklanjanje polutanata iz kontaminiranih voda, zemljišta i vazduha bi jednim imenom mogle da se nazovu fitoremedijacija. Pojam *fitoremedijacija* je nastao od grčke reči *φυτο* (fito) što znači *biljka* i latinske reči *remedium* što znači *ponovno uspostavljanje ravnoteže* odnosno *izlečenje* [14]. Ovaj pojam se odnosi na raznovrsan kompleks tehnologija, koje se baziraju na upotrebi biljaka, prirodnih ili genetski stvorenih, radi uklanjanja polutanata iz životne sredine ili radi njihovog pretvaranja u netoksične oblike, koji neće predstavljati dalju opasnost [15].

Fitoremedijacija se sastoji od četiri različite tehnologije koje koriste biljke i svaka ima drugi mehanizam za remedijaciju zemljišta. Respektivno, biće data pojašnjenja svake od tehnologija. **Fitoekstrakcija** predstavlja korišćenje biljaka, sa velikom biomasom i mogućnošću da akumuliraju metale. Omogućava transportovanje i koncentrisanje metala iz zemljišta u nadzemne delove biljaka, koji će potom biti uklonjeni kroz uobičajene agrotehničke mere. **Fitostabilizacija** se ogleda u korišćenju biljaka u cilju redukovanja biodostupnosti polutanata u životnoj sredini. U ovom slučaju biljke pre stabilizuju zagađeno zemljište nego što ga čiste. **Rizofiltracija** koristi korenov sistem biljaka za apsorpciju i adsorpciju polutanata, uglavnom metala, iz vode. **Fitovolatilizacija** predstavlja korišćenje biljaka za ekstrakciju određenih, isparljivih, metala iz zemljišta, a zatim njihovo otpuštanje preko listova u atmosferu. Takođe, **fitodegradacija** ili **fitotransformacija** je metoda u kojoj biljka razgrađuje polutanate zahvaljujući njenim metabolitičkim procesima. Podrazumeva razgradnju polutanata u neposrednoj blizini biljaka zahvaljujući različitim materijama, koje biljke proizvode na primer enzimima. **Rizodegradacija** je proces razgradnje polutanata u zemljištu zahvaljujući mikroorganizmima, čija je aktivnost povećana prisustvom rizosfere [14].

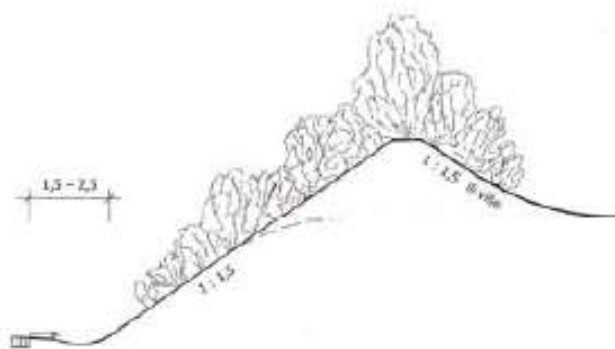
Tabela 1. Vrste biljaka pogodne za fitoremedijaciju

Vrsta biljke		
<i>Butomus umbellatus</i>	<i>Carex hirta</i>	<i>Menianthe trifoliata</i>
<i>Bidens tripartitus</i>	<i>Carex rostrata</i>	<i>Myostis palustris</i>
<i>Caltha palustris</i>	<i>Descampsia caespitosa</i>	<i>Nasturtium officinalis</i>
<i>Canna indica</i>	<i>Eupaterium cannabinum</i>	<i>Phalaris arundinaceae</i>
<i>Carex vulpina</i>	<i>Euphorbia palustris</i>	<i>Polygonum hidropiper</i>
<i>Carex vesucaria</i>	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Polygonum bistorta</i>
<i>Carex pseudocyperus</i>	<i>Gladiolus palustris</i>	<i>Rumex hydrolapatum</i>
<i>Carex pendula</i>	<i>Gratiola officinalis</i>	<i>Sagitaria sagittifolia</i>
<i>Carex acutiformis</i>	<i>Humulus lupulus</i>	<i>Scirpus palustris</i>
<i>Carex elata</i>	<i>Lychins flos-cuculi</i>	<i>Solanum dulcamara</i>
<i>Carex gracilis</i>	<i>Lysimachia nummularia</i>	<i>Symphytum officinalis</i>
<i>Carex disticha</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i>	<i>Valeriana officinalis</i>
<i>Carex riparia</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Veronica beccabunga</i>

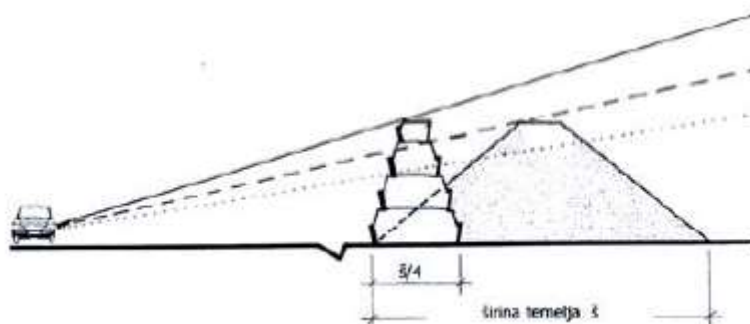
Izvor: Fitoremedijacija i biljke pogodne za fitoremedijaciju voda zgađenih teškim metalima [17]

4. UPOTREBA BILJAKA I ZEMLJIŠTA U SMANJENJU UTICAJA BUKE NA ŽIVOTNU SREDINU

Nasipi izvedeni od zemljanih materijala za zaštitu od buke treba da budu konstrukcije poput Slike 1., koje pomoću ozelenjavanja i zatravnjivanja mogu da se spoje sa okolinom u maksimalnoj mogućoj meri. Nasipi za zaštitu od buke mogu biti izvedeni od zemljanih materijala i stabilizovane (ojačane) zemlje. Nasipi izvedeni od stabilizovanog (ojačanog) zemljanog materijala su pre svega prikladni u slučajevima ograničenog područja za njihovo postavljanje, što je ilustrovano na Slici 2 [19].

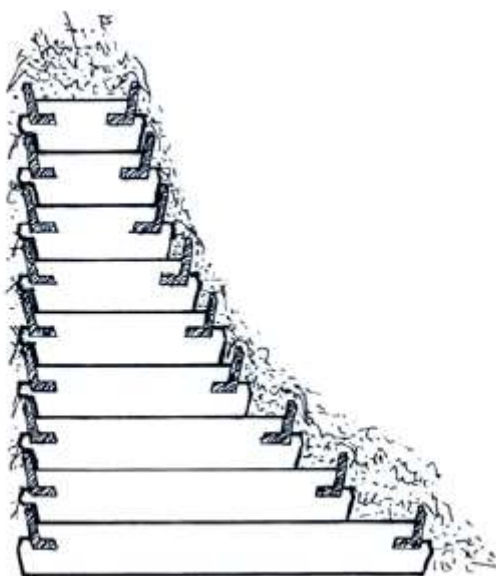


Slika 1. Nasip za zaštitu od buke izveden od zemljanih materijala
Izvor: Smernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima [19]



Slika 2. Nasip za zaštitu od buke izveden od stabilizovnog zemljanog materijala
Izvor: Smernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima [19]

Različiti oblici proizvoda od cement betona kao i kombinacija geotekstila i mreža su najprikladniji za stabilizaciju. Time se omogućavaju alternativna projektna rešenja i ozelenjavanje tj. obrastao zid nasipa, za zaštitu od buke, što se vidi na Slici 3. [19].



Slika 3. Nasip za zaštitu od buke izveden od betona, obraslog vegetacijom
Izvor: Smernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima [19]

5. STABILIZOVANJE ZEMLJIŠTA VEGETACIJOM

Zemljište, na kojem je građen put, mora se učvrstiti do te mere, tako da prirodni procesi ne mogu ugroziti stabilnosti samog putnog tela i putnih objekata (nasipa, mostova i sl.). Potreba za zatravljivanjem i zasađivanjem razorenih zemljišta je neizbežna, ukoliko se želi postići stabilnost tla na razorenim zemljištima, bez obzira na sve druge mere. Zasađivanje rastinja zato mora biti neodvojiv deo svih inženjersko - bioloških mera. Sa inženjersko - biološkim merama mora se sprečiti ili ublažiti pluvialna, površinska vodna erozija, te erozija zbog vetra. Treba sprečiti štetno ispiranje zemljišta i onemogućiti razvoj gorih oblika erozije, posebno vodne erozije - brazdaste, jarkaste i bujične erozije. Potrebno je utvrditi i klizeće i uslovno stabilne padine. Ako inženjersko - biološki zahvati nisu uspešni, potrebno je tlo najpre stabilizovati sa zahvatima, koji su poznati iz mehanike tla: sa isušivanjem i preraspoređenjem brdskih masiva, te sa podupiranjem padina. Tek na prethodno stabilizovanim padinama može se početi sa unošenjem vegetacije i to sa tzv. biotehničkim radovima. Biotehničko utvrđivanje i osiguravanje putnih kosina mora biti deo protiverozijske zaštite rušivih i narušenih padina [19].

6. NATURA 2000 PODRUČJA

Natura 2000 područja se protežu na preko 18% površine zemalja EU i skoro 6% njihove morske teritorije, te predstavljaju najveći koridor zaštićenih područja na svetu. Pružaju utočište najznačajnijim ugroženim vrstama Evrope. U praksi Natura 2000 je mreža koja obezbeđuje dugoročni opstanak najvrednijih, ugroženih vrsta i staništa, navedenih u direktivama. Natura 2000 ne predstavlja strogi sistem rezervata prirode iz kojeg

je odstranjena svaka ljudska aktivnost. Iako uključuje strogo zaštićene prirodne rezervate, većina zemljišta ostaje u privatnom vlasništvu. Ideja za očuvanje i održivo korišćenje Natura 2000 područja je mnogo šira te usmerena na ljude koji rade sa prirodom, a ne protiv nje [18].

7. ZAKLJUČAK

Predlozi za rešenje ovih problema se ogledaju u upotrebi fitoremedijacije i planskog stvaranja vegetacije na putnom pojasu. Upotrebom travnatih zajednica u užoj zoni putnog pojasa koje poseduju visok potencijal za uklanjanje hemijskih polutanata rešava se veliki problem zagađenja. Nakon toga sledi usađivanje pojasa šiblja i drveća, sa ciljem stabilizacije zemljišta i učestvuje u zaštiti od buke i aerozagađenja. Stvaranjem biljnih zajednica stvaraju se i mikrostaništa pogodna za pojedine divlje životinje i druge organizme. U skladu sa Natura 2000 konceptom stvarali bi se koridori mikrostaništa pogodnih za boravak ili odmorište pojedinih vrsta i ublažavao negativan efekat rubnog staništa. Višestruki benefiti upotrebe fitoremedijacionih i biotehničkih mera na životnu sredinu trebali bi biti istraženi i u našoj zemlji.

Literatura

- [1] Kansky, K.J. (1963): *Structure of transportation networks: relationships between network geometry and regional characteristics*, University of Chicago, Dept. of Geography
- [2] Taaffe, E.J., Gauthier, H.L. (1973): *Geography of Transportation*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs
- [3] Garrison, W.L., Marble, D.F. (1962): *The Structure of Transportation Networks*, 62-11. Evanston, IL, Transportation Center, Northwestern University
- [4] Black, W.R. (1989): *Transportation geography*, Geography in America, 316–332
- [5] Bhattacharya, M., Primack, R.B., Gerwein, J. (2003): *Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area*, Biological Conservation 109, 37–45
- [6] Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshall, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Heanue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T., Winter, T.C., (2003): *Road Ecology: Science and Solutions*, Island Press, Washington
- [7] Trombulak, S.C., Frissell, C.A. (2002): *Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities*, Conservation Biology 14, 18– 30
- [8] US Environmental Protection Agency (1996): *Indicators of Environmental Impacts of Transportation: Highway, Rail, Aviation, and Maritime Transport*, EPA 230-R-96-009, Government Printing Office, Washington
- [9] Jones, J.A., Swanson, F.J., Wemple, B.C., Snyder, K.U. (2000): *Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks*, Conservation Biology 14, 76–85
- [10] Dunne, T., Leopold, L.B. (1978): *Water in Environmental Planning*, W.H. Freeman, San Francisco
- [11] Johnson, W.C., Collinge, S.K. (2004): *Landscape effects on black-tailed prairie dog colonies*, Biological Conservation 115, 487–497
- [12] Dooling, R. (2005): *Estimating effects of highway noise on the avian auditory system*, Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation - Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC, 30–31
- [13] Slabbekoorn, H., Peet, M. (2003): *Birds sing at a higher pitch in urban areas: great tits hit the high notes to ensure that their mating calls are heard above the city's din*, Nature 424, 267
- [14] Prasad, M.N.V., Freitas, H.M.O. (2003): *Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology*, Electronic Journal of Biotechnology Vol. 6, No. 3, 225-321
- [15] Salt, D.E., Pickering, I.J., Prince, R.C., Gleba, D., Dushenkov, S., Smith, R.D., Raskin, I. (1997): *Metal Accumulation by Aquacultured Seedlings of Indian Mustard*, Environ Sci Tech, 31, 1636-1644
- [16] http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm (5.6. 2017.)
- [17] Nešić N., Gržetić I. (2011): *Fitoremedijacija i biljke pogodne za fitoremedijaciju*, Dostupno na: www.chem.bg.ac.rs/~grzetic/predavanja/Hemija%20zivotne%20sredine%20II/Biljke%20pogodne%20za%20fitoremedijaciju%20-%20Nevena%20Cule%202011.pdf (23.5.2017.)
- [18] http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm (23.5.2017.)
- [19] http://www.jpccbih.ba/ba/legislativa/smjernice_i_standardi/2-2%20Posebni%20tehnicki%20uslovi.pdf (20.5.2017.)

DRUMSKI SAOBRAĆAJ I FAUNA SISARA U SRBIJI – POSLEDICE I PREDLOZI ZA NJIHOVO SANIRANJE

Milan Paunović^{1,2}, Branko Karapandža²

¹ Prirodnački muzej, Beograd, milan.paunovic@nhmbeo.rs

² Fauna C&M, Novi Banovci, fauna.cm@gmail.com

Rezime: Mreža puteva u Srbiji značajno je promenila predele i uticala na prirodu. Najinvazivniji uticaj na životinje nastaje direktnim usmrćivanjem usled sudara sa vozilima, a indirektno menjanjem demografskih populacionih parametara usled barijere, gubitka staništa, uznemiravanja i zagađenja. Stradanja sisara na drumovima Srbije ekstenzivno je beleženo 1990-2017. Sastavljena je lista vrsta sa frekvencijom stradanja u trostepenoj skali i prema kategoriji puteva. Od ukupno 104 divlje vrste zabeleženo je stradanje 44, od kojih najčešće stradaju jež, lisica, kuna belica, jazavac, hrčak i poljska voluharica, a umereno često krtica, šakal, stepski i mrki tvor, lasica, vidra, zec, veverica, tekunica i prugasti miš; zabeleženo je i stradanje 5 domaćih vrsta, a najčešće žrtve su psi i mačke. 3/4 vrsta čije je stradanje zabeleženo zaštićene su zakonom, a zabeleženo je i stradanje ugroženih vrsta – risa, tekunice i šarenog tvora. U periodu 1994-96. na deonici puta koji prolazi kroz SRP Obedska bara sistematski je vršen monitoring stradanja, a zaključeno da većinu žrtava čine sitni sisari koji nisu ugroženi ni zaštićeni zakonom. Zaključeno je da Srbija ima odgovarajuću legislativu, ali da se propisana i savremena tehnička rešenja za sprečavanje i smanjenje štetnih uticaja u praksi retko primenjuju. Date su preporuke koje mogu unaprediti zaštitu i očuvanje sisara na drumovima Srbije.

Ključne reči: drumovi, Srbija, sisari, stradanje, zaštita i očuvanje.

ROAD TRAFFIC AND MAMMAL FAUNA OF SERBIA – CONSEQUENCES AND SUGGESTIONS FOR MITIGATION

Milan Paunović^{1,2}, Branko Karapandža²

¹ Natural History Museum, Belgrade, milan.paunovic@nhmbeo.rs

² Fauna C&M, Novi Banovci, fauna.cm@gmail.com

Abstract: Road network have changed landscapes and influenced nature in Serbia substantially. The most distinctive impact on animals is fatalities due to collision with vehicles, while populations are being impacted indirectly through barrier effect, habitat loss, disturbance and pollution. Roadkill mammals have been recorded extensively on Serbian roads 1990-2017. Species list is compiled showing frequency of casualties in three-level scale by road categories. From a total of 104 wild mammal species of Serbia, 44 are recorded as road casualties, most frequently Northern White-breasted Hedgehog, Red Fox, Beech Marten, Eurasian Badger, Black-bellied Hamster and Common Vole, while European Mole, Golden Jackal, Western and Steppe Polecat, Least Weasel, Eurasian Otter, European Hare, Eurasian Red Squirrel, European Ground Squirrel and Striped Field Mouse are moderately frequent; 5 domestic species are also recorded as casualties, most frequently dogs and cats. 3/4 of the affected species are protected by law, and threatened species' casualties are also recorded – Eurasian Lynx, European Ground Squirrel and Marbled Polecat. Systematic roadkill monitoring was carried out 1994-1996 on the stretch of road through the Obedska Bara Nature Reserve; the majority of casualties were small mammal species that are neither threatened nor protected. Relevant Serbian legislation is concluded to be adequate, but prescribed and contemporary technical solutions to avoid and mitigate adverse impacts are rarely implemented. Recommendations that can improve protection and conservation of mammals on Serbian roads are set forth.

Keywords: roads, Serbia, mammals, roadkill, protection and conservation.

¹Autor zadužen za korespondenciju: milan.paunovic@nhmbeo.rs

1. UVOD

Izgradnja putne mreže i naročito njeno širenje u poslednjih nekoliko decenija, odn. više od 60 miliona kilometara puteva koji danas premrežavaju svet, izmenili su predele i uticala na elemente žive i nežive prirode na veliki broj načina (Ree, van der, *et al.* 2011, 2015). Ovo je naročito izraženo u razvijenijim delovima sveta – Severnoj Americi, delovima Australije i Evropi, ali sve više i drugde (Ree, van der, *et al.* 2015), a biće i još izraženije u skoroj budućnosti, jer putna mreža nastavlja da se širi u celom svetu (Dulac 2013). Sa svojih više od 16 hiljada kilometara državnih puteva (JP Putevi Srbije 2017) i Srbija se po ovom kriterijumu uklapa u taj razvijeniji deo sveta.

Uticaj drumskog saobraćaja i putne infrastrukture na prirodu i živi svet odavno su prepoznati (npr. Stoner 1925), ali se obim i značaj ovog uticaja prepoznaje i sistematski proučava tek odnedavno, šire tek od početka XXI veka (Fahrig *et Rytwinski* 2009). O obimu i značaju koji se ovoj problematici pridaje danas jasno svedoči i formulisanje posebne naučne discipline – ekologije puteva (eng. *road ecology*) (Ree, van der, *et al.* 2011), i brojne skorašnje sintetske publikacije iz ove oblasti (npr. Ree, van der, *et al.* 2015), kao i brojne smernice i uputstva relevantnih internacionalnih organizacija koja se bave planiranjem, istraživanjem, merama za sprečavanje i smanjenje štetnih uticaja i njihovim monitoringom (npr. Luell *et al.* 2003). Da ova oblast još nije ušla u fokus srpske nauke i struke dobro ilustruje činjenica da ni termin „ekologija puteva“ do sada nije uveden u srpski jezik. Najaktuelnija tema u ovoj oblasti u svetu sada je monitoring i evaluacija delotvornosti implementiranih mera za sprečavanje i smanjenje štetnih uticaja (npr. Lesbarrères *et Fahrig* 2012, Griff, van der, *et al.* 2013, Ree, van der, *et al.* 2015, Berthinussen *et Altringham* 2015, Elmeros *et Dekker* 2016).

Od svih uticaja puteva i drumskog saobraćaja na prirodu, uticaj na životinje je vizuelno najupečatljiviji, izazivajući najemotivnije reakcije ljudi, naročito kad se radi o taksonima čiji su pripadnici antropomorfnog izgleda. Najinvazivniji uticaji na životinje nastaju direktnim usmrćivanjem usled sudara sa vozilima, a indirektno menjanjem demografskih populacionih parametara usled barijere, gubitka i fragmentacije staništa, zagađenja i uznemiravanja (Ree, van der, *et al.* 2011, 2015). Opseg delovanja ovih uticaja je mnogo širi od same površine kolovoza i njihove neposredne okoline i dokazano je da njihove posledice mogu da budu neodržive za određene populacije životinja (Ree, van der, *et al.* 2011, 2015).

Uz ptice, sisari predstavljaju najuočljiviju grupu životinja koje su pogođene uticajem drumskog saobraćaja i putne mreže (Fahrig *et Rytwinski* 2009). Njihove žrtve na drumovima su veoma upečatljive, a njihovi statusi ugroženosti dodatno ih kvalifikuju kao izuzetno značajne elemente prirode čija je zaštita i očuvanje prioritet na nacionalnom, regionalnom i kontinentalnom nivou. S druge strane, pripadnici nekih vrsta sisara zbog svojih dimenzija, a usled kolizija sa drumskim vozilima, predstavljaju opasnost za živote putnika i lokalnog stanovništva koje živi neposredno uz drumove, što je u praksi, nažalost, mnogo puta potvrđeno. Unapređenje postojećih, primena savremenih i iznalaženje novih mera za smanjenje uticaja drumova i putnog saobraćaja na sisare je od prioritetnog značaja za očuvanje i zaštitu sisara, pre svega ugroženih i strogo zaštićenih vrsta (Fahrig *et Rytwinski* 2009, Ree, van der, *et al.* 2015), a takođe i povećanje sigurnosti učesnika u saobraćaju, lokalnog stanovništva, kao i sprečavanje smrtnog stradanja ljudi i životinja, nastanka materijalnih šteta na vozilima i putnoj i stambenoj infrastrukturi.

Uprkos značaju ovog problema, ne postoji nijedna publikacija koja se bavila uticajem drumskog saobraćaja i putne mreže na faunu sisara u Srbiji. Ovaj problem prepoznat je i obrađen sistematičnije samo u posebnom poglavlju smernica koje se bave slepim miševima i procenom uticaja na životnu sredinu (Paunović *et al.* 2011), dok za ostale sisare u literaturi postoje samo malobrojni podaci o stradanju pojedinačnih primeraka pojedinih vrsta koje navode krajnje malobrojne publikacije (Mirić *et Paunović* 1992, 1994, Paunović *et Milenković* 1996, Grubešić *et al.* 2015).

Cilj ovog rada je da iznese postojeća saznanja o jednom od kompleksa uticaja koji drumski saobraćaj i putna mreža imaju na faunu sisara u Srbiji – stradanju elemenata faune sisara na drumovima Srbije i analizira potencijalne uticaje i posledice stradanja i drugih uticaja drumskog saobraćaja i putne mreže na faunu sisara Srbije. Analizirana je i pripadnost pogođenih vrsta različitim nacionalnim i globalnim kategorijama ugroženosti, kao i aktuelni relevantni zakonski okvir. Izložen je generalni pristup i mere kojima se ovi negativni uticaji mogu sprečiti i smanjiti u budućnosti kako bi se unapredila zaštita i očuvanje sisara na drumovima Srbije.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

2.1. Rezultati praćenja stradanje sisara na drumovima u Srbiji

Najuočljiviji efekat uticaja puteva na sisare je njihovo smrtno stradanje, odnosno prisustvo njihovih leševa (Slika 1). Ovi prizori uglavnom izazivaju nelagodu i tugu kod ljudi.



Slika 1. Srndać *Capreolus capreolus* stradao na autoputu IA reda A1 (E-75) u pravcu od Beograda ka Nišu kod sela Malog Požarevca, 10. 4. 2010.
Source: Milan Paunović, originalna fotografija.

Ovde su predstavljeni podaci o stradanju elemenata faune sisara na drumovima Srbije ekstenzivno beleženi od 1990. do 2017. godine. Podatke su prikupljali autori lično, članovi radnih timova Prirodnačkog muzeja u Beogradu i drugih institucija, ili su usmrćene dokazne primerke autorima ustupali njihovi nalazači. Na osnovu ovih podataka sastavljena je lista vrsta sisara sa frekvencijom stradanja njihovih pripadnika u trostepenoj skali, a stradanje je kalkulirano i prema kategoriji puteva.

Sistematski monitoring stradanja je vršen samo od 1994. do 1996. godine na delu puta koji prolazi kroz Specijalni rezervat prirode Obedska bara, što je posebno predstavljeno.

2.1.1. Učestalost stradanja vrsta sisara na drumovima u Srbiji

Od ukupno 104 divlje vrste sisara, na drumovima Srbije je zabeleženo stradanje pripadnika 44 vrste (Tabela 1). Od toga, pripadnici 6 vrsta stradaju najčešće – jež, lisica, kuna belica, jazavac, hrčak i poljska voluharica. Umereno često stradaju pripadnici 10 vrsta - krtica, šakal, stepski i mrki tvor, lasica, vidra (Slika 2), zec, veverica, tekunica i prugasti miš. Pripadnici ostalih 28 vrsta su retko nalaženi stradali na putevima u Srbiji. Pri svemu tome, učestalost zabeleženog stradanja je različita u zavisnosti od kategorije i značaja puteva, odnosno od frekvencije i brzine saobraćaja na njima.



Slika 2. Kapitalni mužjak vidre *Lutra lutra* stradao na putu IIA reda 113 (Novi Sad – Vrbas) neposredno pre ulaza u selo Stepanovićevo, 25. 4. 2014.
Source: Milan Paunović, originalna fotografija.

S druge strane, prisustvo većeg broja jedinki, a pogotovo njihovo grupisanje, migratorni potencijali ili prisustvo optimalnih staništa je od velikog uticaja na broj kolizija. Ovakve karakteristike faune, odn. populacija pojedinih vrsta, prate i njihova odgovarajuća staništa, pa je sve to obično praćeno uspostavljanjem zaštićenih prirodnih dobara različite kategorije zaštite. Zbog toga je broj stradanja sisara, a naročito vrsta koje su svrstane u više kategorije ugroženosti, veći na onim deonicama drumova koje prolaze kroz zaštićena prirodna dobra.

Svaka vrsta sisara, pogotovo one koje često stradaju, ima svoje specifične karakteristike koje doprinose stradanju. Tako je, na primer, jež *Erinaceus roumanicus* koji je veoma brojna, manjih dimenzija i sporo se kreće, vrsta koja često strada. Lisica *Vulpes vulpes* i kuna belica *Martes foina* su predatori, ali i omnivori čije populacije imaju visoke brojnosti, čiji je populacioni trend u porastu, i koje se sve više i sve bolje snalaze u antropogenoj sredini, što su sve dobri razlozi za stradanje na drumovima, kako na periferiji naselja, tako i van njih. Jazavac *Meles meles* je omnivorni predator koji živi u kolonijama i obično se sporo kreće. Hrčak *Cricetus cricetus* u Srbiji, ali i ostatku svog veoma fragmentisanog evropskog areala, živi u izvorno stepskim staništima i od strane čoveka izmenjenim stepskim sukcesijama u vidu različitih tipova agrikulturnih staništa. On strada povremeno, a u godinama visoke brojnosti i u pojedinim delovima areala, veoma često. Slično je sa poljskom voluharicom *Microtus arvalis*, s razlikom da ova vrsta nema tako fragmentisan areal.

Od 10 vrsta koje umereno često stradaju samo šakal *Canis aureus* i prugasti miš *Apodemus agrarius*, pa donekle i mrki tvor *Mustela putorius*, imaju zadovoljavajuće stanje areala i staništa. Ostale vrste iz ove grupe su ugrožene i svrstane su u kategoriju strogo zaštićenih vrsta. Svaka od njih ima svoje specifičnosti – krtica *Talpa europaea* kao fosorijalna i vidra *Lutra lutra* (Slika 2) kao semiakvatična vrsta su veoma podložne stradanju zbog otežanog kretanja po podlozi. Stradanje vidre na drumovima u SR Jugoslaviji su zabeležili Paunović et Milenković (1996), a od tada postoji veliki broj nepublikovanih nalaza koji se nalaze u posedu autora. Stepski tvor *Mustela eversmannii* i tekunica *Spermophilus citellus* su hendikepirane velikom regionalnom i lokalnom fragmentisanošću staništa i areala, veverica *Sciurus vulgaris* kao šumska i dendrofilna vrsta i lasica *Mustela nivalis* kao vrsta staništa poluotvorenog sklopa vegetacije tipa niskog žunja i međa, stradaju prilikom prelaska drumova koji im presecaju staništa.

Tabela 1. Učestalost zabeleženog stradanja divljih vrsta sisara na putevima u Srbiji
(xxx - često; xx - umereno često; x - retko)

Vrsta	Ukupno	Autoputevi	Putevi manjeg značaja
Belogrudi jež <i>Erinaceus roumanicus</i>	xxx	xxx	xxx
Šumska rovčica <i>Sorex araneus</i>	x		x
Vodena rovčica <i>Neomys fodiens</i>	x		x
Livadska rovčica <i>Crocidura leucodon</i>	x		x
Baštenska rovčica <i>Crocidura suaveolens</i>	x		x
Krtica <i>Talpa europaea</i>	x		xx
Mali potkovičar <i>Rhinolophus hipposideros</i>	x		x
Srednji noćnik <i>Nyctalus noctula</i>	x		x
Šumski slepi mišić <i>Pipistrellus nathusii</i>	x		x
Šakal <i>Canis aureus</i>	xx	xx	xx
Vuk <i>Canis lupus</i>	x		x
Lisica <i>Vulpes vulpes</i>	xxx	xxx	xxx
Stepski tvor <i>Mustela eversmanii</i>	xx	xx	xx
Lasica <i>Mustela nivalis</i>	xx	xx	xx
Mrki tvor <i>Mustela putorius</i>	xx	xx	xx
Šareni tvor <i>Vormela peregusna</i>	x	x	x
Kuna belica <i>Martes foina</i>	xxx	xxx	xxx
Kuna zlatica <i>Martes martes</i>	x		x
Jazavac <i>Meles meles</i>	xxx	xxx	xxx
Vidra <i>Lutra lutra</i>	xx	xx	xx
Divlja mačka <i>Felis silvestris</i>	x	x	x
Ris <i>Lynx lynx</i>	x		x
Divlja svinja <i>Sus scrofa</i>	x		x
Srndač <i>Capreolus capreolus</i>	x	x	
Zec <i>Lepus europaeus</i>	xx	xx	xx
Veverica <i>Sciurus vulgaris</i>	xx	xx	xx
Tekunica <i>Spermophilus citellus</i>	xx		xx
Dabar <i>Castor fiber</i>	x	x	x
Sivi puh <i>Glis glis</i>	x		x
Puh lešnikar <i>Muscardinus avellanarius</i>	x		x
Slepo kuće <i>Nannospalax leucodon</i>	x		x
Hrčak <i>Cricetus cricetus</i>	xxx	x	xxx
Riđa voluharica <i>Myodes glareolus</i>	x		x
Vodena voluharica <i>Arvicola amphibius</i>	x		x
Podzemna voluharica <i>Microtus subterraneus</i>	x		x
Poljska voluharica <i>Microtus arvalis</i>	xxx	xxx	xxx
Bizamski pacov <i>Ondatra zibethicus</i>	x	x	x
Prugasti miš <i>Apodemus agrarius</i>	xx	x	xxx
Žutogrli miš <i>Apodemus flavicollis</i>	x	x	x
Šumski miš <i>Apodemus sylvaticus</i>	x	x	x
Sivi pacov <i>Rattus norvegicus</i>	x	x	x
Kućni miš <i>Mus musculus</i>	x	x	x
Miš humkaš <i>Mus spicilegus</i>	x	x	x
Nutrija <i>Myocastor coypus</i>	x		x

Izvor: Originalni podaci autora, osim za vrstu *Castor fiber* (Grubešić et al. 2015)

Od ostalih vrsta, interesantne su samo neke. Prema nalazu Grubešića et al. (2015), u periodu od 1997. do 2014. godine u Hrvatskoj i Srbiji je u drumskom saobraćaju stradalo ukupno 50 primeraka dabrova *Castor fiber*, od toga 44 u Hrvatskoj i 6 u Srbiji. U ukupnom skoru, stradanje u drumskom saobraćaju je najznačajniji uzrok mortaliteta ove vrste sisara. Stradanje dabrova se najčešće dešava na drumovima koji neposredno prolaze kroz ili pored vodenih staništa u kojima dabar živi. Svaki izlazak dabrova na drum predstavlja rizik visokog stepena, jer se njegova aktivnost gotovo isključivo odvija noću kada je vidljivost i percepcija vozača

bitno ograničena. Osim toga, kretanje dabra po podlozi je sporo i nezgrapno zbog niza morfo-anatomskih adaptacija koje su inače optimalne za kretanje u vodenoj sredini. Jedan od retkih recentnih dokaznih primeraka risa *Lynx lynx* u Srbiji se čuva u zbirka sisara Prirodnjačkog muzeja u Beogradu. Ovaj primerak je usmrćen vozilom krajem juna 1992. godine na putu IB reda 33 Majdanpek – Rudna glava, u istočnoj Srbiji (Mirić et Paunović 1992, 1994). Podatak o stradanju vuka *Canis lupus* zabeležen je 2007. godine na deonici puta IB reda 36 Paraćin – Zaječar kod sela Krivi Vir, kada se jedan subadultni primerak našao pod točkovima kamiona prilikom bega od lovaca. Ovakvi slučajevi su veoma retko beleženi u Srbiji, pre svega zbog bionomskih karakteristika vuka kao oprezne životinje koja živi na skrovit način. Objašnjenje za ovaj slučaj leži u činjenici da se radilo o subadultnom primerku koji je bežao zajedno sa pripadnicima svoje reproduktivne grupe/čopora.

Tabela 2. Učestalost zabeleženog stradanja domaćih vrsta sisara na putevima u Srbiji.
(xxx - često; xx - umereno često; x - retko)

Vrsta	Ukupno	Autoputevi	Putevi manjeg značaja
Pas <i>Canis domesticus</i>	xxx	xxx	xxx
Mačka <i>Felis cattus</i>	xxx	xxx	xxx
Svinja <i>Sus scrofa domestica</i>	x	x	x
Konj <i>Equus caballus</i>	x	x	
Ovca <i>Ovis aries</i>	x	x	x

Izvor: Originalni podaci autora

Zabeleženo je i stradanje 5 vrsta domaćih sisara (Tabela 2), pri čemu su žrtve među psima i mačkama najbrojnije. Broj usmrćenih životinja je uglavnom najveći na deonicama puteva koji prolaze blizu ili kroz naselja, na svim kategorijama puteva. Poznata činjenica da u Srbiji postoji veoma veliki broj pasa i mačaka lualica, koje dobrim delom jesu ili potiču od jedinki napuštenih od strane svojih vlasnika, bitno utiče na veliki broj kolizija takvih jedinki na drumovima Srbije. Gotovo da je izvesno da će rešavanje problema postojanja velikog broja pasa i mačaka lualica u velikoj meri doprineti smanjenju njihovog smrtnog stradanja na drumovima Srbije i svih pratećih posledica.

2.1.2. Praćenje stradanja na segmentu puta u zoni Specijalnog rezervata prirode Obedska bara

U periodu 23. 6. 1994 – 21. 6. 1996. godine vršen je monitoring stradanja sisara na deonici državnog puta IIB reda 317 (Pećinci-Subotište-Kupinovo) koja prolazi kroz Specijalni rezervat prirode Obedska bara, između lokaliteta Spomenik i Vidikovac (Slika 3). Tokom ukupno 20 sistematskih pregleda raspoređenih ravnomerno u svim godišnjim dobima zabeležene su ukupno 53 stradale jedinke sisara koje je bilo moguće identifikovati bar do nivoa roda (Tabela 3). Zabeleženo je stradanje predstavnika najmanje 18 vrsta sisara.



Slika 3. Satelitski snimak područja Specijalnog rezervata prirode Obedska bara sa označenim tačkama na putu između koji je vršen monitoring stradanja sisara.

Source: Google Earth, modifikacija Branko Karapandža

Tabela 3. Zabeležene žrtve sisara stradale na deonici državnog puta IIB reda 317 (Pećinci-Subotiče-Kupinovo) Spomenik – Obedska bara, vidikovac u periodu 23. 6. 1994 - 21. 6. 1996.

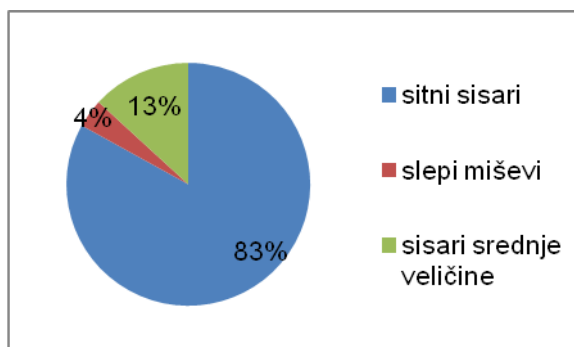
Vrsta/rod	Ukupno jedinki	Datumi zabeleženog stradanja
<i>Erinaceus roumanicus</i>	1	6.10.1995.
<i>Sorex</i> sp.	2	27.4.1996.
<i>Crocidura leucodon</i>	1	18.12.1994.
<i>Crocidura suaveolens</i>	1	18.12.1994.
<i>Crocidura</i> sp.	2	7.10.1995, 15.10.1995.
<i>Talpa europaea</i>	1	16.5.1995.
<i>Pipistrellus nathusii</i>	2	12.9.1995, 11.10.1995.
<i>Mustela putorius</i>	2	23.6.1994, 12.9.1995.
<i>Martes martes</i>	2	24.7.1995, 27.4.1996.
<i>Meles meles</i>	1	16.6.1996.
<i>Felis silvestris</i>	1	18.12.1994.
<i>Lepus europaeus</i>	1	18.12.1994.
<i>Glis glis</i>	4	27.8.1994, 12.9.1995, 15.10.1995.
<i>Muscardinus avellanarius</i>	1	13.10.1995.
<i>Microtus subterraneus</i>	1	5.11.1994.
<i>Microtus arvalis</i>	9	26.8.1994, 27.8.1994, 5.11.1994, 18.12.1994.
<i>Microtus</i> sp.	4	5.11.1994, 12.9.1995.
<i>Apodemus agrarius</i>	9	5.11.1994, 18.12.1994, 13.10.1995, 15.10.1995, 27.4.1996, 21.6.1996.
<i>Apodemus sylvaticus</i>	1	18.12.1994.
<i>Apodemus</i> sp.	4	14.5.1995, 8.10.1995, 27.4.1996.
<i>Rattus norvegicus</i>	3	28.8.1994, 17.12.1994, 12.9.1995.

Izvor: Originalni podaci autora

Najčešće žrtve bili su poljska voluharica *Microtus arvalis* i prugasti miš *Apodemus agrarius*, koje su uz šumskog miša *Apodemus sylvaticus* najbrojnije vrste glodara u okolnim staništima (Karapandža 1995). Nesrazmerno stradanje ove dve vrste u odnosu na šumskog miša verovatno je posledica ekoloških specifičnosti vrsta. Relativno često beleženo je i stradanje sivog puha *Glis glis*, česte vrste u okolnim šumama i voćnjacima (Karapandža 1995), a kuriozitet su dva zabeležena stradanja jedinki slepih miševa, oba pripadnika vrste šumski slepi mišić *Pipistrellus nathusii*.

Kada se stradanje posmatra po ekološko-taksonomskim grupama sisara (Slika 4), vidi se da su ubedljivo najčešće žrtve stradanja sitni sisari – pripadnici redova bubojeda (Eulipotyphla) i glodara (Rodentia), slede sisari srednje veličine – predstavnici redova zveri (Carnivora) i zečeva (Lagomorpha), dok je stradanje slepih miševa (Chiroptera) beleženo veoma retko. Tokom ovog monitoringa nije zabeleženo stradanje krupnih sisara (Carnivora i Artiodactyla), iako su tri vrste iz ove grupe čije je stradanje zabeleženo drugde u Srbiji prisutne (šakal *Canis aureus* i divlja svinja *Sus scrofa*), pa i brojne (srndač *Capreolus capreolus*) u okolnim staništima (Karapandža 1995).

Ovakvi nalazi imaju i dalekosežnije značenje, jer ukazuju na to da nesistematsko ekstenzivno praćenje u velikoj meri previđa stradanje sitnih sisara koji u apsolutnom broju ubedljivo najviše stradaju od svih sisara, tj. da samo sistematski monitoring može da da pouzdane podatke o stvarnom stradanju sisara na putevima.

**Slika 4.** Udeo određenih grupa sisara u stradanju zabeleženom na deonici državnog puta IIB reda 317 (Pećinci-Subotiče-Kupinovo) Spomenik – Obedska bara, vidikovac u periodu 23. 6. 1994 - 21. 6. 1996.

Source: Originalni podaci autora

2.2. Pregled statusa zaštite i ugroženosti vrsta sisara čije je stradanje na putevima zabeleženo u Srbiji

Kao što vrste čije je stradanje zabeleženo pripadaju svim taksonomskim i ekološkim grupama, tako i njihov zakonski i konzervacioni status pokriva veoma širok spektar (Tabela 4). Međutim, velika većina (3/4) njih zaštićena je zakonom u Srbiji, a najčešće i međunarodnim konvencijama koje je Srbija ratifikovala, odnosno zakonima Evropske Unije kojoj Srbija teži. Ipak, kada se posmatra stradanje na putu u zoni SRP Obedska bara (Tabela 3), gde je jedino vršen sistematski monitoring koji omogućava pouzdanu kvantifikaciju, uočava se da gotovo 60% stradalih jedinki pripada vrstama koje nisu zaštićene.

Tabela 4. Lista vrsta sisara čije je stradanje na putevima zabeleženo u Srbiji, sa kategorijama zaštite u okviru Bernske konvencije (Dodaci II ili III), Bonske konvencije (Dodaci I ili II), Direktive EU o staništima i vrstama (Dodaci II ili IV), Zakona o zaštiti prirode Srbije (SZ – strogo zaštićena, Z – zaštićena, SZV – strogo zaštićena na području AP Vojvodine), kao i IUCN statusom na globalnom (IUCN 2017) i evropskom/mediteranskom (Temple et Terry 2007 / Temple et Cuttelod 2009) nivou (EN – u opasnosti, VU – ranjiva, NT – skoro ugrožena, LC – najmanja briga, DD – nedostatak podataka, NA – nije podesna).

Vrsta	Bernska konven.	Bonska konven.	EU Habitat	Zakon Srbije	IUCN svet	IUCN Evropa
Belogrudi jež <i>Erinaceus roumanicus</i>				Z	LC	LC
Šumska rovčica <i>Sorex araneus</i>	III			Z	LC	LC
Vodena rovčica <i>Neomys fodiens</i>	III			SZ	LC	LC
Livadski rovčica <i>Crocidura leucodon</i>	III			Z	LC	LC
Baštenska rovčica <i>Crocidura suaveolens</i>	III			Z	LC	LC
Krtica <i>Talpa europaea</i>				Z	LC	LC
Mali potkovičar <i>Rhinolophus hipposideros</i>	II	II	II + IV	SZ	LC	NT
Srednji noćnik <i>Nyctalus noctula</i>	II	II	IV	SZ	LC	LC
Šumski slepi mišić <i>Pipistrellus nathusii</i>	II	II	IV	SZ	LC	LC
Šakal <i>Canis aureus</i>				Z	LC	LC
Vuk <i>Canis lupus</i>	II		II + IV	Z + SZV	LC	LC
Lisica <i>Vulpes vulpes</i>				Z	LC	LC
Stepski tvor <i>Mustela eversmanii</i>	II		II + IV	SZ	LC	LC
Lasica <i>Mustela nivalis</i>	III			Z	LC	LC
Mrki tvor <i>Mustela putorius</i>	III			Z	LC	LC
Šareni tvor <i>Vormela peregusna</i>	II		II + IV	SZ	VU	VU
Kuna belica <i>Martes foina</i>	III			Z	LC	LC
Kuna zlatica <i>Martes martes</i>	III			Z	LC	LC
Jazavac <i>Meles meles</i>	III			Z	LC	LC
Vidra <i>Lutra lutra</i>	II		II + IV	SZ	NT	NT
Divlja mačka <i>Felis silvestris</i>	II		IV	Z + SZV	LC	LC
Ris <i>Lynx lynx</i>	III		II + IV	SZ	LC	LC/EN
Divlja svinja <i>Sus scrofa</i>				Z	LC	LC
Srndać <i>Capreolus capreolus</i>	III			Z	LC	LC
Zec <i>Lepus europaeus</i>	III			Z	LC	LC
Veverica <i>Sciurus vulgaris</i>	III			Z	LC	LC
Tekunica <i>Spermophilus citellus</i>	II		II + IV	SZ	VU	VU
Dabar <i>Castor fiber</i>	III		II + IV	SZ	LC	LC
Sivi puh <i>Glis glis</i>	III			Z	LC	LC
Puh lešnikar <i>Muscardinus avellanarius</i>	III		IV	SZ	LC	LC
Slepo kuče <i>Nannospalax leucodon</i>				SZ	DD	LC
Hrčak <i>Cricetus cricetus</i>	II		IV	SZ	LC	LC
Riđa voluharica <i>Myodes glareolus</i>					LC	LC
Vodena voluharica <i>Arvicola amphibius</i>				Z	LC	LC
Podzemna voluharica <i>Microtus subterraneus</i>					LC	LC
Poljska voluharica <i>Microtus arvalis</i>					LC	LC
Bizamski pacov <i>Ondatra zibethicus</i>					NA	NA

Vrsta	Bernska konven.	Bonska konven.	EU Habitat	Zakon Srbije	IUCN svet	IUCN Evropa
Prugasti miš <i>Apodemus agrarius</i>					LC	LC
Žutogrlji miš <i>Apodemus flavicollis</i>					LC	LC
Šumski miš <i>Apodemus sylvaticus</i>					LC	LC
Sivi pacov <i>Rattus norvegicus</i>						NA
Kućni miš <i>Mus musculus</i>					LC	LC
Miš humkaš <i>Mus spicilegus</i>					LC	LC
Nutrija <i>Myocastor coypus</i>					NA	NA

Izvor: Originalni podaci autora i odgovarajući dokumenti

Posebno je alarmantno stradanje vrste koje se prema IUCN klasifikaciji smatraju ugroženim, bilo globalno (IUCN 2017), evropski (Temple et Terry 2007) ili regionalno (Temple et Cuttelod 2009). Tekunica *Spermophilus citellus* i šareni tvor *Vormela peregusna*, kategorisane kao VU – ranjive, ugrožene su usled gubitka i fragmentacije stepskih staništa i brojnost im opada širom areala (Coroiu 2008, odn. Abramov et al. 2016), pa svaki dodatni mortalitet može da učini ireverzibilnu štetu i dovede do iščezavanja njihovih populacija ili njihovih delova, pogotovo u slučaju tekunice koja na putevima strada češće. Rizik je još veći za risa *Lynx lynx*, jer je u regionu još ugroženiji (kategorisan kao EN – u opasnosti) usled drastične fragmentacije areala i izolovanosti populacija (IUCN Mediterranean Biodiversity Assessment team 2010), pa gubitak svake jedinke može biti nenadoknadiv za ionako malobrojnu populaciju.

2.3. Analiza relevantnog zakonskog okvira

Na osnovu Uredbe o utvrđivanju Liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu (Službeni glasnik RS, br. 114/08) donete na osnovu člana 4. stavova 1. i 3. Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu (Službeni glasnik RS, br. 135/04), „Izgradnja magistralnih autoputeva i puteva sa četiri ili više traka, ili rekonstrukcija i/ili proširenje postojećeg puta sa dve trake ili manje, sa ciljem dobijanja puta sa četiri ili više traka, u slučaju da takav novi put ili rekonstruisana i/ili proširena deonica imaju neprekidnu dužinu od preko 10 km ili više, uključujući pripadajuće objekte, osim pratećih sadržaja magistralnog puta“ nalazi se na Listi projekata za koje je obavezna procena uticaja, dok se „Regionalni putevi uključujući pripadajuće objekte, osim pratećih sadržaja puta“ nalazi na Listi projekata za koje se može zahtevati procena uticaja. Takođe, Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu (Službeni glasnik RS, br. 69/05) eksplicitno navodi stanje faune (član 3), moguće uticaje na nju (članovi 6. i 7) i „mere za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje svakog značajnijeg štetnog uticaja“ kao obavezne elemente studije.

Dalje, većina vrsta sisara koje stradaju na drumovima Srbije (Tabela 4) zaštićene su Zakonom o zaštiti prirode (Službeni glasnik RS, br. 36/09, 88/10), odnosno na osnovu njega donetog Pravilnika o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva sa Prilozima sa listama vrsta koji su njegov sastavni deo (Službeni glasnik RS, br. 5/2010). Prema ovom zakonu (član 71, stav 1) „pod zaštitom i očuvanjem divljih vrsta podrazumeva se sprečavanje svih radnji koje utiču na narušavanje povoljnog stanja populacija divljih vrsta, uništavanje ili oštećivanje njihovih staništa, legla, gnezda ili narušavanje njihovog životnog ciklusa odnosno povoljnog stanja“.

Takođe, član 80. Zakona o zaštiti prirode jasno propisuje da „javni putevi i druge vrste saobraćajnica (...) čijom se izgradnjom presecaju uobičajeni koridori dnevnonoćnih i sezonskih migracija divljih životinja, prouzrokuje fragmentacija staništa ili na drugi način remeti njihov normalan životni ciklus, grade se na način kojim se umanjuju negativni efekti i primenom posebnih konstrukcijskih i tehničko-tehnoloških rešenja na samim objektima i u njihovoj okolini, tokom izgradnje i u periodu eksploatacije.“ Ovo je dodatno uređeno posebnim Pravilnikom o specijalnim tehničko-tehnološkim rešenjima koja omogućavaju nesmetanu i sigurnu komunikaciju divljih životinja (Službeni glasnik RS, br. 72/10), gde su data rešenja potpuno u skladu sa dobrom međunarodnom praksom (luell et al. 2003).

2.4. Implementirane mere za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja

Osim stradanja, u periodu od 1990. do 2017. godine, autori su na drumovima Srbije ekstenzivno beležili i primenu mera za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja drumskog saobraćaja i putne mreže na faunu sisara.

Postojeća tehnička rešenja za smanjenje štetnih uticaja se uglavnom odnose na autoputeve najviše kategorije. Ona se gotovo isključivo sastoje u podizanju žičane kontinualne ograde visine oko 160 cm, sa manjim promerima okaca u delu neposredno iznad podloge (Slika 5) i izgradnje ili postavljanja različitih tipova ivičnjaka. Ova žičana ograda se tek u novije vreme (poslednjih nekoliko godina) redovno održava i reparira, a njeni dotrajali delovi zamenjuju novim; u ranijem periodu više puta je zaticana srušena, zarđala ili istrulela, a na nekim deonicama uopšte nije zaticana zbog krađe. Međutim, žičana ograda se samo uslovno može smatrati merom za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja saobraćaja na sisare (i ostalu terestričnu faunu), jer ona može da doprinese samo smanjenju stradanja pojedinih vrsta, ali ne i „nesmetanoj i sigurnoj komunikaciji divljih životinja“ u skladu sa Zakonom o zaštiti prirode (Službeni glasnik RS, br. 36/09, 88/10) i odgovarajućim Pravilnikom (Službeni glasnik RS, br. 72/10), tj. ne smanjuje efekat barijere, štaviše povećava ga.



Slika 5. Žičana ograda pored autoputa A1 u blizini Novih Banovaca.
Source: Branko Karapandža, originalna fotografija.

Ekološki prelazi, kako su definisani navedenim Pravilnikom (Službeni glasnik RS, br. 72/10), bilo da su u pitanju „ekološki mostovi, namenski izgrađeni prolazi i prelazi, tuneli ili propusne cevi“ nisu uočeni na terenu, pa zaključujemo da njihovo projektovanje i izgradnje još uvek nisu zaživeli u praksi. Struktura koja donekle podseća na ekološki (tzv. zeleni) most na novoizgrađenoj deonici Koridora 11 od Ljiga do Preljine, zapravo je samo spolja ozelenjeni ulazni deo tunela Brđani.

2.5. Diskusija

Ukupno zabeleženo stradanje pripadnika 44 vrsta sisara na drumovima Srbije, uz još 5 redovnih domaćih vrsta, tokom višedecenijskog ekstenzivnog praćenja, govori o velikom efektu drumskog saobraćaja u kvalitativnom smislu. Primer sa puta uz SRP Obedska bara tokom dvogodišnjeg intenzivnog monitoringa, pak, govori o srednje velikom efektu u kvantitativnom smislu. Prema tome, stradanje sisara, kao najuočljiviji uticaj drumova Srbije je redovna i česta pojava na svim tipovima i kategorijama puteva. Izdvajaju se posebno

rizične deonice puteva na kojima je stradanje češće ili čak redovno, što je uslovljeno nizom faktora. To su godišnja sezona u vezi sa životim ciklusom svake pojedinačne vrste, morfo-anatomske i ekološke karakteristike vrsta, areal vrste i prisutna optimalna staništa, način života, sezonska i diurnalna frekvencija i brzina saobraćaja, kategorija puta, primenjene metode i tehnike sprečavanja štetnih uticaja drumskog saobraćaja na živi svet i drugo (Fahrig *et Rytwinski* 2009, Ree, van der, *et al.* 2015), ali o ovome nije moguće izvoditi konačne zaključke bez sistematskih istraživanja kakva u Srbiji do sada nisu vršena.

Najveći uticaj na faunu sisara, ali i druge elemente faune Srbije predstavlja deonica autoputa E-75 kroz Srbiju, poznatija kao Koridor 10, odnosno autoput A1, koja će prema aktuelnim očekivanjima biti potpuno kompletirana u najskorije vreme. Ovaj autoput predstavlja snažnu i kontinualnu barijeru koja Srbiju deli njenim centralnim delom na istočni i zapadni deo. Osim toga, ovaj saobraćajni koridor, nastao vrlo rano u istoriji (Bertić 1987), je bitno uticao na urbanizaciju duž njegove ose. Savremeni opseg i položaj teritorije Srbije je rezultat velikih geografskih, istorijskih i socijalnih promena koje su bile najintenzivnije u XIX veku. Slabo naseljeni peripanonski prostor između donjih delova toka reke Drine, reka Save, Dunava i Zapadne Morave, koji je u Srednjem veku bio granični prostor srpske države, u XIX veku je postao glavno imigraciono područje i jezgro nove srpske države. Proširenjem teritorije 1833. i 1878. godine nastaje Kneževina Srbija u kojoj moravska dolina postaje glavni transportno-geografski koridor (*ibidem*). Zbog toga su prirodne celine marginalnih delova Srbije imale neprekidne i bolje veze sa perifernim delovima susednih zemalja, nego njeni istočni i zapadni delovi međusobno. Upravo to je prethodilo izgradnji pomenutog Koridora 10 u Srbiji, koji zajedno sa koncentrisanim naseljima i agrikulturnim staništima predstavlja nezaobilaznu prepreku za veliki broj vrsta sisara i drugih elemenata faune. Dobar primer za to je prisustvo različitih populacija mrkog medveda *Ursus arctos* u Srbiji koje upravo zahvaljujući postojanju autoputa A1, kao nepremostive fizičke barijere, u novijoj istoriji nisu mogle biti u komunikaciji (Paunović *et Ćirović* 2006, Karamanlidis *et al.* 2014, Ćirović *et al.* 2014). Ipak i pored toga, stradanja sisara na ovom autoputu se i pored preduzetih mera, tj. pomenute žičane ograde, redovno dešava.

Putevi nižih kategorija s jedne strane karakterišu se manjim brzinama saobraćaja, ali njegovim različitim intenzitetom, a s druge strane, oko njih ne postoje zaštitne ograde, pa je efekat barijere manje izražen. Dakle, putevi nižih kategorija omogućavaju prolaz sisara u gotovo zadovoljavajućem obimu, ali je efekat stradanja visok, što je potpuno u skladu sa nalazima sistematskih istraživanja u svetu (Ree, van der, *et al.* 2015).

Mere kojim bi se sprečili, smanjili i otklonili štetni uticaji drumskog saobraćaja i putne mreže na faunu sisara Srbije, odn. odgovarajuća tehničko-tehnološka rešenja kojima bi se istovremeno smanjivo rizik stradanja i efekat barijere, tj. omogućila nesmetana i sigurna komunikacija divljih životinja, u skladu sa međunarodnim preporukama (luell *et al.* 2003, Ree, van der, *et al.* 2015) i domaćim propisima (Službeni glasnik RS, br. 72/10) u praksi se nedovoljno primenjuju. Istovremeno, dati pregled relevantne legislative jasno pokazuje da Srbija već ima potrebnu zakonsku osnovu u ovoj oblasti i da je samo potrebno dosledno primenivati postojeće propise da bi se unapredila zaštita i očuvanje sisara na drumovima Srbije.

2.5. Preporuke

Na osnovu prikazanih podataka, sintetskih razmatranja i obimnih saznanja akumuliranih u svetu tokom poslednjih deceniju i po (npr. Ree, van der, *et al.* 2015), mogu se doneti izvesne kratkoročne i dugoročne preporuke za koje autori smatraju da mogu značajno da doprinesu smanjenju uticaja drumske mreže i saobraćaja na elemente faune sisara, njihove populacije i staništa u Republici Srbiji.

1. U skladu sa važećim propisima, prilikom planiranja novih i rekonstrukcije postojećih puteva, u postupku utvrđivanja uslova zaštite prirode, odnosno procene uticaja na životnu sredinu, odgovarajućim istraživanjima treba utvrditi stanje faune i adekvatno proceniti potencijalne uticaje na nju, kao i planirati odgovarajuće mere za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja.
2. Nastaviti i intenzivirati praksu konsultovanja relevantnih ekspertskih institucija, agencija i pojedinaca prilikom razrade projekata putne infrastrukture, uz više uvažavanja njihovih predloga i idejnih rešenja.
3. Postojeće mere i već primenjena tehnička rešenja za smanjenja uticaje drumske mreže i saobraćaja na sisare i druge životinje podržati, održavati i unapređivati.
4. Uvesti u praksu nove, savremene pristupe i tehnička rešenja za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja drumske mreže i saobraćaja na sisare u Srbiji, a u skladu sa važećim propisima

(Službeni glasnik RS, br. 72/10) i međunarodnim preporukama (luell *et al.* 2003, Ree, van der, *et al.* 2015).

5. Uvesti monitoring faune na određenim putnim deonicama i kritičnim tačkama radi dobijanja detaljnijih saznanja, potpunog sagledavanja problema i primene specifičnih i adekvatnih mera na datoj deonici ili tački.
6. Ubrzati rešavanje problema pasa i mačaka lualica, uz permanentno sprovođenje kampanje protiv napuštanja životinja, a u korist sterilizacije lualica i podrške azilima za njihovo zbrinjavanje.
7. Sprovoditi kampanje podizanja pažnje javnosti, a pogotovo populacije vozača kao velike interesne kategorije stanovništva, na probleme i posledice uticaja drumskog saobraćaja na prirodu i njene sastavne elemente.

3. ZAKLJUČAK

Uticaj drumske mreže Srbije na faunu sisara koja sadrži pretežno terestrične elemente može biti višestruk, i sličan je kao za neke druge grupe kičmenjaka. Najvažniji je efekat barijere, odnosno prepreke za lokalno i regionalno kretanje životinja u prostoru, ali i za eventualne migratorne aktivnosti (Fahrig *et Rytwinski* 2009, Lesbarrères *et Fahrig* 2012, Ree, van der, *et al.* 2015). Osim njega, značajni uticaji su i gubitak i fragmentacija staništa, direktno stradanje životinja, kontaminacija životne sredine izduvnim gasovima i čvrstim česticama koje su proizvod sagorevanja pogonskih goriva vozila (Ree, van der, *et al.* 2015). Na kraju je svakako prisutan i efekat uznemiravanja koji može biti različitog tipa (buka, svetlost i dr.), iako se neke vrste životinja koje žive na svojim teritorijama oko drumova, veoma često prilagode datim uznemiravajućim manifestacijama i naviknu na njih (Fahrig *et Rytwinski* 2009, Ree, van der, *et al.* 2015).

Prikazani rezultati koji se odnose na sisare u Srbiji su dovoljno ilustrativni, iako je prikupljanje podataka uglavnom bilo ekstenzivno. Oni sugerišu da je potrebno posvetiti više pažnje problemu uticaja drumske mreže i saobraćaja na živi svet u Srbiji. Budući projekti monitoringa pojedinih kritičnih deonica koje lako mogu biti identifikovane georeferenciranjem navedenih podataka o stradanju sisara, mogu bitno doprineti smanjenju pritiska putne infrastrukture na faunu sisara u Srbiji.

Treba istaći i da je zakonodavac u ovoj oblasti pokazao ne samo svest o postojanju ove problematike, već je dao i odgovarajuća i aktuelna rešenja, pa je samo potrebno dosledno primenjivati postojeće propise da bi se unapredila zaštita i očuvanje sisara (i druge faune) na drumovima Srbije.

Literatura

- [1] Abramov, A.V., Kranz, A, Maran, T. 2016. *Vormela peregusna*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T29680A45203971. (on-line) available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T29680A45203971.en> (14.06.2017)
- [2] Bertić, I. (ed.) 1987. Veliki geografski atlas Jugoslavije. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 272 p + 15 kartografskih priloga.
- [3] Berthinussen A, Altringham J. 2015. Development of a cost-effective method for monitoring the effectiveness of mitigation for bats crossing linear transport infrastructure - WC1060. Final report. Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA), London, UK, 60 p. (on-line) available at: <http://sciencesearch.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=18518> (14.06.2017)
- [4] Coroiu, C., Kryštufek, B., Vohralík, V., Zagorodnyuk, I. 2008. *Spermophilus citellus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T20472A9204055. (on-line) available at: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T20472A9204055.en> (14.06.2017)
- [5] Čirović, D., De Gabriel Hernando, M., Paunović, M., Karamanlidis, A. A. 2014. Movements, activity patterns and home range of a male brown bear (*Ursus arctos*, L.) in Tara National Park, western Serbia. 23rd International Conference on Bear Research and Management, book of abstracts, Thessaloniki.
- [6] Dulac, J. 2013. Global Land Transport Infrastructure Requirements: estimating road and railway infrastructure capacity and costs to 2050. International Energy Agency (OECD/IEA), Paris, France. 52 p.

- [7] Elmeros M., Dekker J. (2016). Fumbling in the dark – effectiveness of bat mitigation measures on roads. Final report. Conference of European Directors of Roads (CEDR), Brussels, Belgium, 78 p. (on-line) available at:
http://bios.au.dk/fileadmin/bioscience/Forskning/Kaloe/safebatpaths/Bat_mitigation_on_roads_Final_project_report.pdf
(14.06.2017)
- [8] Fahrig, L., Rytwinski, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1): 21. (on-line) available at:
<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/>
(14.06.2017)
- [9] Grift, van der, E. A., van der Ree, R., Fahrig, L., Findlay, S., Houlahan, J., Jaeger, J. A. G., Klar, N., Madriñan, L. F., Olson. L. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation* 22: 425–448
- [10] Grubešić, M., Margaletić, J., Ćirović, D., Vucelja, M., Bjedov, L., Burazerović, J., Tomljanović, K. 2015. Analiza mortaliteta dabrova (*Castor fiber* L.) u Hrvatskoj i Srbiji. *Šumarski list*, 3-4: 137-143.
- [11] IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. (on-line) available at:
<http://www.iucnredlist.org>
(14.06.2017)
- [12] IUCN Mediterranean Biodiversity Assessment team. 2010. *Lynx lynx*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T12519A3350985. (on-line) available at:
<http://www.iucnredlist.org/details/12519/3>
(14.06.2017)
- [13] Luell, B., Bekker, H., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Tørsløv, N., Wandall, B. le M., (eds.) 2003. *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*.
- [14] JP Putevi Srbije. 2017. O nama. (on-line) available at:
<http://www.putevi-srbije.rs/index.php/%D0%BE-%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B0>
(14.06.2017)
- [15] Karapandža, B. 1995. Fauna sisara Obedske bare. Edicija Povratak ibisa – Povratak Obedske bari, Mladi istraživači Srbije, Beograd, 1: 95-116.
- [16] Lesbarrères D, Fahrig L. 2012. Measures to reduce population fragmentation by roads: What has worked and how do we know? *Trends in Ecology and Evolution*, 27: 374–380.
- [17] Mirić, Đ., Paunović, M. 1992. A New Record of *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) (Felidae, Carnivora) in East Serbia. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja u Beogradu*, B 47: 171-174, Beograd.
- [18] Mirić, Đ., Paunović, M. 1994. Recovery of *Lynx lynx* (L., 1758) in East Serbia. *Bios*, 2: 315-318, Thessaloniki.
- [19] Karamanlidis, A. A., Paunović, M., Ćirović, D., Karapandža, B., Skrbinišek, T., Zedrosser, A. 2014. Population genetic parameters of brown bears in western Serbia: implications for research and conservation. *Ursus* 25(1):34–43.
- [20] Paunović, M., Ćirović, D. 2006. Povećanje vijabilnosti i oporavak populacije mrkog medveda *Ursus arctos* L. 1758 (Mammalia: Carnivora) u severoistočnoj Srbiji. Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije, Uprava za zaštitu životne sredine, 1-52, Beograd.
- [21] Paunović, M., Karapandža, B., Ivanović, S. 2011. Slepí miševi i procena uticaja na životnu sredinu – Metodološke smernice za procenu uticaja na životnu sredinu i stratešku procenu uticaja na životnu sredinu. Društvo za očuvanje divljih životinja „MUSTELA“, Beograd, 142 pp.
- [22] Ree, van der, R., Jaeger, J. A. G., van der Grift, E. A., Clevenger, A. P. 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society* 16(1): 48. (on-line) available at:
<http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art48/>
(14.06.2017)
- [23] Ree, van der, R., Smith, D. J., Grilo, C. (eds.) 2015. *Handbook of Road Ecology*. Wiley Blackwell, , Oxford, UK, 522 p.
- [24] Stoner, D. 1925. The toll of the automobile. *Science* 61:56-57.
- [25] Temple, H.J., Cuttelod, A. (compilers). 2009. *The Status and Distribution of Mediterranean Mammals*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. vii+32pp.
- [26] Temple, H.J., Terry, A. (compilers). 2007. *The Status and Distribution of European Mammals*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. viii+48pp.

MORTALITET NEKIH PREDSTAVNIKA FAUNE VERTEBRATA NA PUTEVIMA REZERVATA ZASAVICA

Stanković Mihajlo

Specijalni rezervat prirode Zasavica-Pokret gorana Sr. Mitrovica, Svetog Save 19, 22.000 Sremska Mitrovica, e-mail: zasavica@zasavica.org.rs

Rezime

Mortalitet vertebrata *Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia* praćen je od 1997.-2016.god. na asfaltnim i zemljanim putevima u rezervatu. Ukupno je stradalo 2287 jedinki a determinisano je 87 vrsta sa ukupno 2137 jedinki. U 2287 jedinki ima 434 sisara, 395 ptica, 303 reptila i 1005 vodozemaca a od toga determinisano je 219 sisara, 242 ptica, 273 reptila i 973 vodozemaca. Po vrstama stradalo je sisara 28, ptica 40, reptila i vodozemaca po 10. Pregled stradanja po klasama i redovima: klasa **Mammalia**: *Insectivore* 3 vrste sa 37 jedinki, *Rodentia* 12 vrsta sa 128 jedinki, *Lagomorpha* 1 vrsta sa 9 jedinki, *Carnivora* 11 vrsta sa 40 jedinki i *Chiroptera* sa 5 jedinki. Najveći broj stradanja je kod *Apodemus flavicolis* 24 jedinke i *Apodemus agrarius* 21 jedinka. Izdvajamo stradanje retkih vrsta *Lutra lutra*, *Castor fiber*, *Felis silvestris* i *Mustela eversmanii*. Klasa **Aves**: *Galliformes*, *Falconiformes* i *Strigiformes* po 4 vrste; *Charadriiformes* 5 vrsta; *Columbiformes* 3 vrste; *Anseriformes* i *Coraciiformes* po 2 vrste; *Pelecaniformes*, *Ciconiformes* i *Piciformes* po 1 vrsta i *Passeriformes* sa 13 vrsta. Na asfaltnom putu ukupno je stradalo 45 vrsta ptica i 6 vrsta na zemljanim putevima. Klasa **Reptilia**: red *Testudines* jedna vrsta sa 4 jedinke, red *Saurida* 4 vrste sa 131 jedinke i red *Serpentes* 4 vrste sa 138 jedinki. Najveći broj stradanja je kod vrsta: *Elaphe longissima* 57 jedinki, *Natrix natrix* i *N.tessellata* 29 jedinki. Klasa **Amphibia**: red *Caudata* 3 vrste sa 6 jedinki i red *Anura* 7 vrsta sa 967 jedinki. Najveći broj stradanja je kod vrste *Rana esc.complex* sa 538 jedinki i *Rana dalmatina* sa 215 jedinki.

Ključne reči: mortalitet, vertebrata, putevi, Zasavica

MORTALITY OF SOME REPRESENTATIVE FAUNA VERTEBRATA OF THE ROAD RESERVE ZASAVICA

Summary

Mortality vertebrate *Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* and *Mammalia* was observed from 1997. to 2016., on asphalt and dirt roads on the reservation. A total of 2287 individuals were killed and 87 is determined by the type of a total of 2137 individuals. In 2287 there are 434 specimens of mammals, 395 birds, 303 reptiles and amphibians in 1005 of which is determined by the 219 mammals, 242 birds, 273 reptiles and 973 amphibians. Following species of mammals were killed 28, 40 of birds, reptiles and amphibians at 10. Overview of starvation after classes and ordo, class **Mammalia**: *Insectivore* 3 species with 37 individuals, *Rodentia* 12 species with 128 individuals, *Lagomorpha* 1 with 9 types of individuals, *Carnivora* 11 species with 40 individuals and *Chiroptera* with 5 individuals. The largest number of incidents is the *Apodemus flavicolis* 24 individuals and *Apodemus agrarius* 21 individuals. Highlights of starvation rare species *Lutra lutra*, *Castor fiber* and *Mustela eversmanii* whose presence on the reservation is confirmed in this way. Class **Aves**: *Galliformes*, *Falconiformes* and *Strigiformes* 4 species; *Charadriiformes* 5 species; *Columbiformes* 3 species; *Anseriformes* and *Coraciiformes* of 2 species; *Pelecaniformes*, *Ciconiformes* and *Piciformes* 1 species and *Passeriformes* with 13 species. On asphalt road total of 45 species of birds were killed and 6 species on dirt roads. Class **Reptilia**: *Testudines* order of one species with 4 individuals, *Saurida* of 4 species with 131 individuals and *Serpentes* 4 species with 138 individuals. The largest number of incidents recorded in the species *Elaphe longissima* 57 individuals and *Natrix natrix* and *N.tessellata* 29 individuals. Class **Amphibia**: *Caudata* 3 species with 6 individuals and 7 species with 967 individuals. The largest number of incidents recorded in the species *Rana esc.complex* with 538 individuals and *Rana dalmatina* with 215 individuals.

Key words: Mortality, vertebrata, roads, Zasavica

UVOD

Uzroci gubitka biodiverziteta su mnogobrojni, međusobno uslovljeni i u najvećem broju slučajeva teško se otklanjaju. Mnoge životinje gonjene nagonom parenja, prezimljavanja ili ishrane svake godine preduzimaju svoje migracije ili kretanja koja uvek imaju određeni pravac i konstantnost. Njihove koridore čovek je ispresecio mrežom saobraćajnica pretvorivši ih u „staze smrti“. Vežanost životinja za određena mesta, njihova zavičajnost predstavlja otežavajuću okolnost za neke grupe životinja zbog čega jednom fiksirani put se ne napušta uprkos masovnom stradanju svake godine (Stanković,2009). Urbanizacija društva i izgradnja infrastrukture pored izmene autohtonosti predela gde za posledicu imamo narušavanje svih komponenti strukture ekosistema. Širenje savremenog društva uslovlilo je sve gušću povezanost tih celina mrežama puteva što je doprinelo pojavi stradanja na putevima u značajnoj progresiji. Već sad možemo navesti na

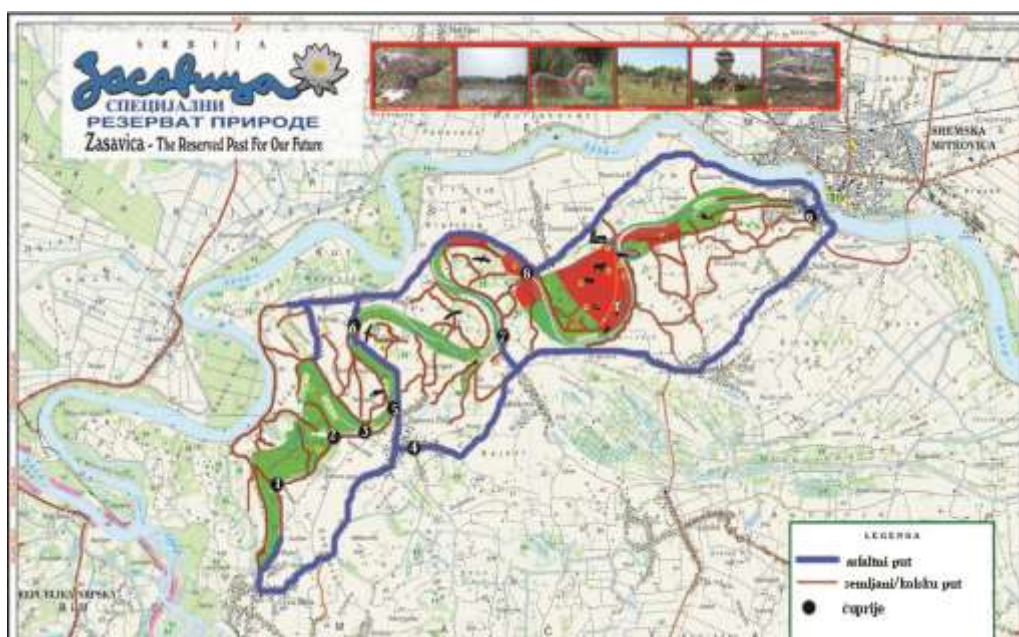
desetine vrsta životinja čiji pripadnici redovno plaćaju danak eksplozivnoj urbanizaciji. Stradanje životinja na putevima česta je tema istraživanja širom Evrope. Mnogi autori kao objekat istraživanja imaju samo jednu grupu (npr. *Mammalia*, *Aves*, *Reptilia* ili *Amphibia*) Zamfirescu et.al.(2010) ili vrstu životinje (npr. *Lepus europeus*, *Meles meles*, i dr.) Roedenbeck, & Voser, (2007); Silva,et.al.(1993), a ponekad se obrađuje i više grupa zajedno poput Hell,et.al.,(2004) koji su obradili stradanje sisara i ptica na putevima Slovačkog Podunavlja. Bliska Zasavici je Obedska bara koja je zaštićeno i Ramsarsko područje u Srbiji, bila predmet istraživanja autora Pantelić,N.(1995) o nastradalim vodozemcima i gmizavcima na asfaltnom putu uz nju.

Mačva je smeštena na dodiru panonske i planinske oblasti i uvek je predstavljalo prirodno stecište saobraćajnica. Još u Rimsko doba Sirmium je bio veliki grad i saobraćajno čvorište regiona. Tokom Turske, potom Austro-Ugarske vlasti u Bosni i Habzburške vlasti u Sremu, reka Drina i Sava su bile ne samo prirodne nego i granične barijere za saobraćaj. Važnost saobraćajnog položaja područja oživljava u XX veku, kada su državne granice sa reka uklonjene i izgrađen most na Savi. Sad ovo područje ima ulogu saobraćajne sponne između Srbije i Republike Srpske u okviru BiH Federacije. Drumski saobraćaj u Mačvi ima značajnu ulogu u prevozu robe i putnika po otvaranju graničnog prelaza Badovinci. Sad na delu puta uz Zasavicu ka Ravnju, Banovom Polju i Bogatiću pojačava se broj vozila. Sremskomitrovački deo opštine u Mačvi ima ukupno 58 km savremenih puteva od toga 33 km su regionalni a 25 km lokalni asfaltni putevi (Izvor RZS Opštine u Srbiji, 1992). Magistralni i regionalni putevi čine okosnicu putne mreže ovog područja. Od ukupne dužine lokalnih puteva, koji su prostorno najzastupljeniji na one sa savremenim kolovozom (asfaltirano) dolazi oko 60% (Grčić,M.,Grčić,Lj,2002).

Pogodnost za očuvanje autohtone prirode Rezervata predstavljaju niska gustina naseljenosti, delimično teška prohodnost i pristupačnost, nerazvijena putna mreža u režimu II stepena zaštite.

Materijal i metode rada

Metodologija ovih istraživanja podrazumevala je beleženje nastradalih životinja na asfaltnim i zemljanim putevima u granicama i neposrednoj blizini rezervata. Jedino na lokalitetu Turske livade imamo situaciju da je u početku to bio zemljani put koji je kasnije asfaltiran i tu je najveći broj stradanja na prilazu za Vizitorski centar. Beležene su životinje iz sledećih grupa vertebrata: *Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*, posebno stradale na asfaltnim a posebno na zemljanim putevima i ćuprijama u periodu 1997-2016. god. Za organizme koji se nisu mogli determinisati na terenu fotografisani su ili uzeto je perje, dlaka, krljušt i sl. Determinacija je obavljena prema sledećoj literaturi: Đurović,et.al.,(1979), Harry&Born, (1981), Puzović, (2000), Heinzl,et. al.,(1999), Radovanović & Martino,(1950), Robert, (1987), Bertel,B, (2004).



Karta sa putevima u i oko rezervata Zasavica

Rezultati sa diskusijom

Mortalitet nekih predstavnika faune vertebrata (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*) praćen je u periodu 1997.-2016. godina, na asfaltnim ali i zemljanim putevima u i oko rezervata. Ukupno je stradalo 2287 različitih jedinki predstavnika faune vertebrata, od čega je determinisano i sistematizovano 87 vrsta sa ukupno 2137 stradalih jedinki.

Analiza rezultata i diskusija je data za svaku grupu:

Mammalia (sisari): Na putevima uz i oko Zasavice ukupno je stradalo 2287 jedinki od čega 434 su sisari. Ukupno je stradalo 29 vrsta sisara od čega: *Insectivore* 3 vrste sa 37 jedinki, *Rodentia* 12 vrsta sa 128 jedinki, *Lagomorfa* 1 vrsta sa 9 jedinki, *Carnivora* 11 vrsta sa 40 jedinki i *Chiroptera* sa 5 jedinki. Ako pogledamo strukturu stradanja determinisanih sisara ona bi izgledala sledeće: od ukupno 170 jedinki *Insectivore* su zastupljene sa 21 jedinkom, *Rodentia*, sa 113 jedinki, *Lagomorfa* sa 6 jedinki, *Carnivora* sa 23 jedinke i *Chiroptera* sa 5 jedinki. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Apodemus flavicolis* sa ukupno 24 jedinke i kod *Apodemus agrarius* sa ukupno 21 stradalom jedinkom. Izdvajamo stradanje retkih vrsta *Lutra lutra*, *Castor fiber*, *Felis silvestris* i *Mustela eversmanii*. Na ovaj način potvrđeno je u rezervatu prisustvo vrste *Mustela eversmanii*. Od kako je 2004. godine *Castor fiber* reintrodukovan u Zasavicu do 2016. godine imali smo 4 stradanja ove vrste na putevima.

Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II, dužine 4 km ukupno je stradalo 6 vrsta sisara sa ukupno 9 jedinki. Radi se o vrstama *Meles meles*, *Rattus norvegicus*, *Lepus europaeus*, *Mustela puturis* i *Erinaceus europeus* a posebno se izdvaja stradanje slepog miša jedna jedinka u 2005.-oj godini. Asfaltni put između Zasavice II i Zasavice I dužine 2 km, stradalo je 12 vrsta sa ukupno 20 jedinki. Najveći broj stradanja bio je kod vrste *Apodemus flavicolis* 7 jedinki u 2005.-oj godini, dok kod ostalih 11 vrsta (*Rattus norvegicus*, *Castor fiber*, *Meles meles*, *Lepus europeus*, *Ondatra zibethica*, *Talpa europea*, *Martes martes*, *Arvicola terestris*, *Erinaceus europeus*, *Mustela erminea* i *Vulpes vulpes*) stradala je po jedna jedinka. Najduža deonica je trasa između Zasavice I i Ravnja dužine 5 km, gde je stradalo 8 vrsta sa ukupno 22 jedinke. Kao i na prethodnim trasama i ovde je *Apodemus flavicolis* imao najveći broj stradanja 6 jedinki u 2005.god., zatim slede *Chiroptera* sa 4 jedinke u 1998. god i *Rattus norvegicus* sa 3 jedinke iste godine. Trasa puta od Ravnja do Banovog polja dužine 3 km imala je najveći broj stradanja 15 vrsta sa ukupno 21 jedinkom. Najveći broj stradanja po dve jedinke imamo kod vrste *Felis silvestris* u 1999.-oj godini, *Martes martes*, i *Mustela erminea* u 1997.-oj godini, dok *Arvicola terestris* ima po jedno stradanje u dve godine 1997. i 2007. god. Na ovoj trasi izdvaja se stradanje semiakvatičnih vrsta *Lutra lutra* (2005) i *Castor fiber* (2004) odma posle reintrodukcije i *Mustela puturis* (2013) kao silvikolne vrste. Stradanja je bilo i na putu Salaš Noćajski- Noćaj i Noćaj-Radenković. Na putu Salaš Noćajski- Noćaj stradale su 4 vrste sa ukupno 4 jedinke i to *Meles meles* (2006), *Erinaceus europeus* (2009), *Vulpes vulpes* (2012) i *Lepus europeus* (1998), dok su na putu Noćaj-Radenković stradale 7 vrsta sa ukupno 10 jedinki i to *Puturis puturis*, *Glis glis*, *Vulpes vupes*, *Lutra lutra*, *Sciurus vulgaris*, *Mustela eversmanii* i *Meles meles*.



Slika 1. *Mustela eversmanii*, nastradali primerak čije prisustvo na ovaj način je potvrđeno u rezervatu

Pored asfaltnih puteva, stradanja su beležena i na zemljanim putevima po atarima, gde je najveći broj stradanja bio kod vrste *Talpa europaea* sa 19 jedinki. Nešto veći broj stradanja na ovim putevima bio je i kod tri vrste glodara (*Rattus norvegicus*, *Arvicola terrestris* i *Apodemus agrarius*). Na lokalitetu Vrbovac u ataru mesta Radenković na zemljanom putu koji prolazi pored njive sa jedne strane i šume sa druge nađena je 2011. godine stradala jedinka *Martes erminea* i *Sorex araneus* 2010. godine.

Razlog stradanju silvikolnih vrsta (*Felis silvestris*, *Glis glis*, *Martes martes* i *Sciurus vulgaris*) je taj što put ide tik uz šumski kompleks koji je uz vodotok Zasavica a velika blizina vode je razlog stradanja semiakvatičnih vrsta *Lutra lutra*, *Arvicola terrestris* i *Castor fiber*.

Aves (ptice): Od ukupno 2287 stradalih jedinki, 375 su ptice a od toga je 244 jedinke je determinisano. Ukupno je stradalo 45 vrsta ptica. Struktura stradanja determinisanih ptica izgleda sledeće: *Galliformes*, *Falconiformes* i *Strigiformes* po 4 vrste; *Charadriiformes* 5 vrsta; *Columbiformes* 3 vrste; *Anseriformes* i *Coraciiformes* po 2 vrste; *Pelecaniformes*, *Ciconiformes* i *Piciformes* po 1 vrsta a *Passeriformes* je prisutni sa 13 vrsta. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Columba livia domestica* sa ukupno 71 jedinkom i kod *Pica pica* sa ukupno 61 stradalom jedinkom. Najveći broj ukupnog stradanja bio je 1999 i 2000 godine sa 47 jedinki po godini zatim sledi 2002. godina sa 46 jedinki, pa 2003. god sa 44 jedinke i 2001. god sa 43 jedinke.

Na asfaltnom putu između Zasavice II i Zasavice I stradalo je 12 vrsta sa ukupno 14 jedinki. Najveći broj stradanja bio je kod vrste *Vanellus vanellus* 3 jedinke u 2001.-oj godini. Dve vrste iz grupe *Falconiformes* su stradale na ovoj destinaciji i to *Buteo buteo* 2004. god i *Accipiter sp.* 2001. god. Beleži se stradanje *Charadrius dubius*-a koji je verovatno preletao iz pravca Valjevca. Na trasi između Zasavice I i Ravnja stradalo je 15 vrsta sa ukupno 19 jedinki. Najveći broj stradanja po dve jedinke imamo kod vrste *Pica pica*, *Anas platyrhynchos* i *Asio otus*. Po jedna stradala jedinka je zabeležena kod svih *Falconiformes* i *Strigiformes*. Zbog blizine vode i bogatog emerznog pojasa stradala je i jedna globalno ugrožena vrsta *Phalacrocorax pygmeus* u 2003. godini. Kod *Strigiformes* su stradale dve vrste sa ukupno 4 jedinke (*Asio otus* po jedna jedinka u 2005. i 2007. god; *Strix aluco* jedna jedinka u 2006. i 2013. god.). Trasa puta od Ravnja do Banovog polja imala je stradanje 15 vrsta sa ukupno 20 jedinki. Najveći broj stradanja tri jedinke imamo kod vrste *Streptopelia tutor* u 1998.-oj godini, i *Buteo buteo* dve jedinke po jedna u 2003. i 2004. godini. *Falconiformes* je zastupljen sa dve stradale vrste (*Buteo buteo* i *Accipiter sp.*) u 1998. god, kao i dve vrste *Strigiformes* (*Tyto alba* 2005. god., *Asio flammeus* 2002. god. i *Strix aluco* 2016.god.) Ovde beležimo stradanje i jedne retke i tajnovite vrste *Scolopax rusticola*. Zbog blizine šumskog kompleksa na ovoj trasi stradale su i silvikolne vrste poput *Tyto alba*, *Asio flammeus*, *Scolopax rusticola*, *Oriolus oriolus*, *Garrulus glandarius* i dr, a zbog blizine vodotoka Zasavica beleži se stradanje i *Alcedo atthis*-a. Stradanja na putu Mačvanska Mitrovica –Zasavica II beležimo kod *Larus ridibundus*-a u 2005. godini i to je jedino stradanje ptica na ovoj destinaciji. Na putu Noćaj-Radenković stradale su 3 vrste sa ukupno 3 jedinke i to *Phasianus colchicus* (2002), *Streptopelia tutor* (2015) i *Parus major*. Ukupno je za posmatrani period stradalo 45 vrsta ptica sa 58 jedinki na asfaltnom putu i 6 vrsta na zemljanim putevima. U 2006. godini je registrovan najveći broj stradanja ptica 10 vrsta na asfaltnom putu.

Po sezonama gledano, tokom zime najviše stradalih ptica na asfaltnom putu je bilo 2006. godine ukupno 3 vrste, u proleće po 5 vrsta u 2001. i 2003. godini, tokom leta je 7 vrsta a u jesen 4 vrste u 2005. godini, dok na zemljanim putevima imamo stradanje jedne vrste u svim sezonama. Tokom obilaska zabeleženo je stradanje i na dve čuprije i to Deviča čuprija na Modranu jedna vrsta *Hirundo rustica* sa 2 jedinke u 2006. god i Raševića čuprija na Zasavici kod Banovog Polja vrsta *Rallus aquatilis* jedna jedinka 1997.god.

Reptilia (Gmizavci): Za posmatrani period ukupno je stradalo 2287 jedinki, od toga su reptili 293 sa 273 determinisanom jedinkom. Ukupno je stradalo 10 vrsta reptila. Struktura stradanja determinisanih reptila izgleda sledeće: *Testudines* jedna vrsta sa ukupno 4 jedinke, *Saurida* 4 vrste sa 131 jedinkom i *Serpentes* 5 vrsta sa 137 jedinki. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Elaphe longissima* sa ukupno 57 jedinki i kod *Natrix natrix* (sa *N.natrix persa*) sa ukupno 29 stradalih jedinki. Najveći broj stradanja po godini je 2002. godine sa 50 jedinki, zatim sledi 2006. god sa 34 jedinke i 2007. god sa 30 jedinki.

Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II ukupno je stradalo tri vrste reptila sa tri jedinke, a to su *Lacerta viridis* u 2006.-oj godini, *L.agilis* (2014) i *Anguis fragilis* (2014). Asfaltni put između Zasavice II i Zasavice I stradalo je tri vrste sa ukupno 14 jedinki. Najveći broj stradanja bio je kod vrste *Natrix natrix* sa 9 jedinki u 1997.-oj godini, zatim sledi *Elaphe longissima* sa 4 jedinke iste godine. Na trasi između Zasavice I i Ravnja stradalo je 5 vrsta sa ukupno 8 jedinki. Najveći broj stradanja na ovoj trasi imamo kod *Elaphe longissima* 2 jedinke u 2007. god., i *Coronella austriaca* sa po jednom jedinkom 2004. i 2006. godine. Trasa puta od Ravnja do Banovog polja imala je ukupno stradalo 5 vrsta sa ukupno 16 jedinki. Najveći broj stradanja imamo kod vrste *Elaphe longissima* 9 jedinki i *Coronella austriaca* 3 jedinke. U 2002. godini bio je najveći broj stradanja 8 jedinki u jednoj godini kod *Elaphe longissima*.

Na asfaltnom putu najviše je stradalo 1997. godine ukupno 14 jedinki (12 ad+2juv.). Lokalitet Turske livade sa 8 stradalih vrsta i 20 jedinki je lokalitet sa najvećim brojem stradanja na zemljanim putevima, zatim sledi Preseka sa 4 vrste i 12 jedinki (7 ad+5 juv.) i Sadžak sa 5 vrsta sa 5 jedinki. Tokom 1997. godine je registrovan najveći broj stradanja reptila 16 jedinki na asfaltnom putu, dok na zemljanim putevima 17 jedinki je stradalo u 2006. godini. Beleže se stradanja na ćuprijama i to na Deviča ćupriji 2 vrste (*Elaphe longissimus* i *Natrix natrix persa*) u 2006. god i jedna jedinka u 2005. god *Elaphe longissimus* na Gajića ćupriji.

Amphibia (Vodozemci): Na putevima ukupno je stradalo 2287 jedinki, od toga su ukupno vodozemci 993 a 973 jedinke je determinisano. Ukupno je stradalo 10 vrsta vodozemaca od čega, *Caudata* 3 vrste sa ukupno 6 jedinki i *Anura* 7 vrsta sa 967 jedinki. Najveći broj stradanja je zabeležen kod vrste *Rana esc.complex* sa ukupno 538 jedinki i kod *Rana dalmatina* sa ukupno 215 stradalih jedinki. U 1997.-oj godini imamo najveći broj stradanja po godini 186 jedinki zatim sledi 2007. god sa 170 jedinki. Tokom 1997. i 2007. godine je zabeležen najveći broj stradalih vrsta po 3 vrste na asfaltnom putu dok je najviše 6 vrsta bilo stradalo u 2006. god na zemljanim putevima. U 2007. godini je najveći broj zabeleženih jedinki ukupno 53 na asfaltnim putevima s tim da je u 2003. god bio najveći broj stradanja juvenilnih jedinki ukupno 19, dok je 1997. god bilo stradalo 163 jedinke (95 ad+68 juv) na zemljanim putevima, gde je 2000. godine bilo najveći broj stradanja u jednoj godini ukupno 69 jedinki. Tokom proleća najveći broj stradanja na asfaltnim putevima sa po 3 vrste bilo je 1997. god. i 2007. god. U letnjem periodu na zemljanim putevima imamo najviše stradanja u 2006. godini ukupno 9 vrsta, dok je iste godine u jesenjem periodu stradalo najviše 4 vrste. Za proteklih 19 godina ukupno je tokom proleća stradalo 12 vrsta na asfaltnim putevima, dok je tokom leta stradalo 13 vrsta na zemljanim putevima. Zabeležena su i dva stradanja tokom zimskog perioda i to 1997. i 2006. godine sa po jednom vrstom na asfaltnom putu, dok je na zemljanim putevima bilo 4 slučaja stradanja 1997., 2002., 2005. i 2006. god sa po jednom vrstom a razlog tome su relativno visoke temperature tokom zime. Žaba *Rana ridibunda* u 1997. i 2008.-oj godini beleži stradanje po 10 jedinki, što je i najveći broj zabeleženih jedinki tokom godine. Kod vrste *Bufo bufo* imamo 7 jedinki u 2003. god, što je za ovu vrstu najveći broj registrovanih jedinki u toku godine. Za protekli period stradalo je 45 jedinki retke vrste žabe *Pelobates fuscus*.

Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II stradala je jedna vrsta sa ukupno 7 jedinki, a radi se o vrsti *Rana ridibunda* čijih 7 jedinki je stradalo u 1999. god. Na putu između Zasavice II i Zasavice I stradalo je ukupno 13 vrsta. sa ukupno 59 jedinki. Najveći broj stradanja beleži se kod vrste *Rana ridibunda* 35 a potom *Bufo bufo* sa 12 jedinki. Na deonici između Zasavice I i Ravnja stradalo je 4 vrste (*Rana ridibunda*, *Bufo viridis*, *B.bufo* i *Pelobates fuscus*) a najveći broj stradanja je kod *Rana ridibunda* sa ukupno 66 jedinki. Najveći broj stradanja 29 jedinki u 2008. god., zatim sledi 2003.-a godina sa 19 jedinki. Na ovoj deonici je 2013.god., stradalo 5 jedinki vrste *Pelobates fuscus* što je i najveće stradanje ove vrste u poslednjih deset godina. Trasa puta od Ravnja do Banovog polja imala je stradanje samo jedne jedinke *Pelobates fuscus* u 2006. god. Stradanja je bilo i na putu Noćaj-Radenković gde su stradale 2 vrste sa ukupno 50 jedinki i to *Rana esc.complex* sa 11 jedinki u 1997. godini i *Rana ridibunda* sa 39 jedinki u 2008. godini, što je ujedno i najveći broj zabeleženih tokom godine.



Slika 2. Kolaž sa slikama nastradalih vertebrata na asfaltnim putevima

Zaključak:

Mortalitet nekih predstavnika faune vertebrata (*Amphibia*, *Reptilia*, *Aves* i *Mammalia*) praćen je u periodu 1997.-2016. godina, na asfaltnim i zemljanim putevima u i oko rezervata. Ukupno je stradalo 2287 jedinki predstavnika faune vertebrata, od čega je determinisano 87 vrsta sa ukupno 2137 stradalih jedinki. Na putevima uz i oko Zasavice ukupno je stradalo 2287 jedinki, od čega 434 su sisari, 395 ptice, 303 reptili i 1005 vodozemci. Od ukupno 2137 jedinki determinisano je 219 jedinki sisara, 242 jedinki ptica, 273 jedinki reptila i 973 jedinki vodozemaca. Ukupno je stradalo 28 vrsta sisara, 40 vrsta ptica i po 10 vrsta reptila i vodozemaca. Na asfaltnom putu između Mačvanske Mitrovice i Zasavice II ukupno je stradalo: 6 vrsta sisara sa ukupno 9 jedinki; 1 vrsta ptice sa jednom jedinkom; 3 vrste reptila sa 3 jedinke; jedna vrsta amphibia sa ukupno 7 jedinki. Asfaltni put između Zasavice II i Zasavice I stradalo je: 12 vrsta sisara sa ukupno 20 jedinki.; 12 vrsta ptica sa ukupno 14 jedinki ; 3 vrste reptile sa ukupno 14 jedinki; 13 vrsta vodozemaca sa ukupno 59 jedinki. Na putu Zasavica I i Ravnje je stradalo: 8 vrsta sisara sa ukupno 22 jedinke ; 15 vrsta ptica sa ukupno 20 jedinki; 5 vrsta reptila sa ukupno 8 jedinki; 4 vrste vodozemaca sa ukupno 66 jedinki. Na trasi puta od Ravnja do Banovog polja stradalo je: 15 vrsta sisara sa ukupno 21 jedinkom; 15 vrsta ptica sa ukupno 20 jedinki; 5 vrsta reptila sa ukupno 16 jedinki; jedna vrsta vodozemaca sa jednom jedinkom. Na putu Nočaj-Radenković stradalo je: 7 vrsta sisara sa 10 jedinki, 3 vrste ptica sa po 3 jedinke, 2 vrste reptila sa 50 jedinki.

Literature:

1. Bertel,B.2004.: Birds of Britanin and Europe,Guide,
2. Đurović,E.,Vuković,T.,Pocrnjić,Z.1979. Vodozemci Bosne i Hercegovine (ključ za određivanje), Zemaljski muzej BiH, Sarajevo
3. Grčić,M.,Grčić,Lj.2002. Mačva,Šabačka Posavinai Pocerina,Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd
4. Harry,G.,Born,L.1981. Fauna Evrope, priručnik za raspoznavanje životinjskih vrsta, Mladinska knjiga, Ljubljana
5. Hell,P.,Plavy,R.,Salameka,J.Gaparík,J.2004. Losses of mammals (*Mammalia*) and birds (*Aves*) on roads in the Slovak part of the Danube basin, Jouanal European of Wildlife Fereseach, Vol.51,No 1.
6. Heinzl,H.,Fitter,R.,Parslow,J.,1999. Ptice Hrvatske sa sjevernom Afrikom i srednjim Istokom
7. Izvor RZS Opštine u Srbiji, 1992
8. Pantelić,M.1995 Problem gaženja vodozemaca i gmizavaca na asfaltnom putu uz Obedsku baru, Ed."Povratak Ibisa", Mladi Istraživači Srbije,Beograd
9. Puzović,S.2000. Atlas ptica grabljivica Srbije, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd
10. Radovanović,M.,Martino,K.1950. Zmije Balkanskog poluostrva, SANU, Naučno popularni spisi, knjiga 1, Institut za ekologiju i biogeografiju, Beograd
11. Robert, M.1987 Gewoll-und Rupfungskunde, Academie Verlag, Berlin
12. Roedenbeck,A.I.,Voser,P.2007. Effects of roads on spatial distribution, abudance and mortality of brown hare (*Lepus europeus*) in Switzerland, European Jouanal of Wildlife Research,Vol.54,No 3,
13. Silva,da J.,Woodroife,R.,Macdonald W.D.,1993. Habitat, food availability and group territoriality in the European badger, Meles meles,Oecologia,95,
14. Stanković,M. 2009. Vodozemci i gmizavci Specijalnog rezervata prirode Zasavica, Pokret gorana Sremska Mitrovica
15. Zamfirescu,R.S.,Strugariu,A.,Gherghel,I.,Zamfirescu,O.2010.Sfântu gherghe (Tulcea, Romania): An Important herpetological area, Analege Stiintifice are Universitatii, Biological

CLIMATE CHANGE ADAPTATION OF SETTLEMENTS AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE IN SLOVENIA: THE ROLE OF SCENARIO PLANNING

MSc Andrej Gulič

Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia (UIRS), Trnovski pristan 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia, <http://www.urs.si/en/Home/Aboutus.aspx>, andrej.gulic@urs.si

Abstract: *The vulnerability of settlements and transportation infrastructure in Slovenia – in our case in the Gorenjska region – to climate change is estimated as high. The estimation reflects the relatively high sensitivity to extreme weather events which trigger processes that have adverse impacts on settlements and transportation infrastructure. A relatively high proportion of them are located on exposed areas. In the project C3-Alps in which the Urban Planning Institute RS was involved as a partner three scenarios of adapting the settlement system and transportation infrastructure to climate change impacts were developed: scenario of spontaneous adaptation, scenario of withdrawal and scenario of enhanced protection. By applying the scenario planning method to the topic of adapting to climate change we were able to: effectively investigate the possible future responses to climate change impacts, achieve a more active participation of, as well as a greater motivation and awareness among, the stakeholders and encourage the preparation of expert studies for spatial development measures which will serve as a basis for effective adaptation to the impacts of climate change.*

Key words: *Climate changes, transportation infrastructure, adaptation, adaptation scenarios, vision, concept, strategy, UIRS, Slovenia.*

1. INTRODUCTION

The policy field of climate change adaptation in Slovenia is characterized by inconstancy. In 2008, the Strategy for adaptation of the Slovenian agriculture and forestry to climate change was adopted. It was followed by preparation of action plans for the years 2010 and 2011. In 2009, the Slovenian National Assembly adopted a declaration on the active role of Slovenia in the creation of a new global policy on climate change and established climate change as a priority. In 2010, the Government Office of Climate Change started to draft the Climate Change Act and to prepare the long-term low-carbon strategy of Slovenia to determine the national policy of climate change mitigation and adaptation till 2060. The draft Climate Change Act and the national long-term low-carbon strategy have been subject to extensive public debate and were expected to be adopted by the National Assembly in 2012. After the parliamentary elections in 2012 the situation changed to almost total neglect of the climate change topic. The Government Office of Climate Change was abolished. The adoption of the law and the strategy was withdrawn from the parliamentary procedure. The field of climate change was shifted to the Ministry of agriculture and the environment. The climate change adaptation policy in Slovenia has, in the past years, been challenged by the political instability in the country, as well as by the progressing economic and financial crisis. Nowadays the crisis is being successfully managed, but the climate change adaptation policy is still an open question.

Within the broader context described above the Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia (in the following UIRS) participated as a partner in the project C3-Alps - Capitalizing Climate Change Knowledge for Adaptation in the Alpine Space. The main aim of the C3-Alps project was, on the one hand, to synthesize, transfer and implement in policy and practice the results of the previous Alpine Space projects dealing with climate change adaptation. On the other hand, the aim of the project was to contribute to implementation of the national adaptation policies on the regional and municipal levels and to the advancement of the national adaptation strategies.

In the frame of the C3-Alps project two pilot activities were implemented in Slovenia in two statistical regions, namely Gorenjska and Koroška. This paper describes the results of the activities that took place in the Gorenjska region.

The Gorenjska region lies in the northwest of Slovenia. 70% of the region is of mountainous character while 30% lie in the depressed part of the central Slovenia. Gorenjska is an Alpine and sub-Alpine region with relatively large differences in altitude between valleys and mountain tops. Approximately 40% of the region is more than 1.000 m above sea level. The undulating relief is characteristic for the region; there are hills of contrasting relief with wider valleys in between and flat valley bottoms, created by the river deposits. The distinctive feature of landscape in the Gorenjska region is forest: 77 % of the land is covered with forests, 13,3 % is agricultural land and 9,4 % infertile land. Areas reverting to natural vegetation are increasing. A large part of the Gorenjska region is protected as the Triglav national park. Almost 45 % of the territory is designated as

a NATURA 2000 area. Compact settlements are found in wider flat areas at the bottom of the valleys. Scattered settlements and solitary homesteads are characteristic of the mountainous and hilly parts of the region. The region consists of 18 municipalities with 204.170 inhabitants, density of population is 95 inh./km². The dominant sectors are services (57%), industry (41%) and agriculture (2%). GDP per capita in purchasing power standards of the region was 14.958 EUR in 2013. The position of the Gorenjska region in Slovenia and its settlements and transportation systems are illustrated in Figure 1.

Considering the already mentioned absence of legal and strategic documents dealing with climate change issues and adaptation / mitigation solutions at the state, regional and local level, the UIRS team decided to carry out workshops in the pilot area with the aim to improve information, awareness raising and involvement of various stakeholders. Climate change adaptation scenarios, a vision, concept, strategy, action plan and a decision support system were prepared. The action plan and decision support system proposals included, in addition to the regional and local levels, also the state level. In this way, a very clear signal of the need for urgent activation in the field of climate change adaptation (and mitigation too) was given to the responsible state authorities.

We have assumed that by applying the scenario planning method to the topic of adapting to climate change we would be able to: effectively investigate the possible future responses to climate change impacts, achieve a more active participation of, as well as a greater motivation and awareness among, the stakeholders and encourage the preparation of expert studies for spatial development measures which will make possible effective adaptation to the impacts of climate change.

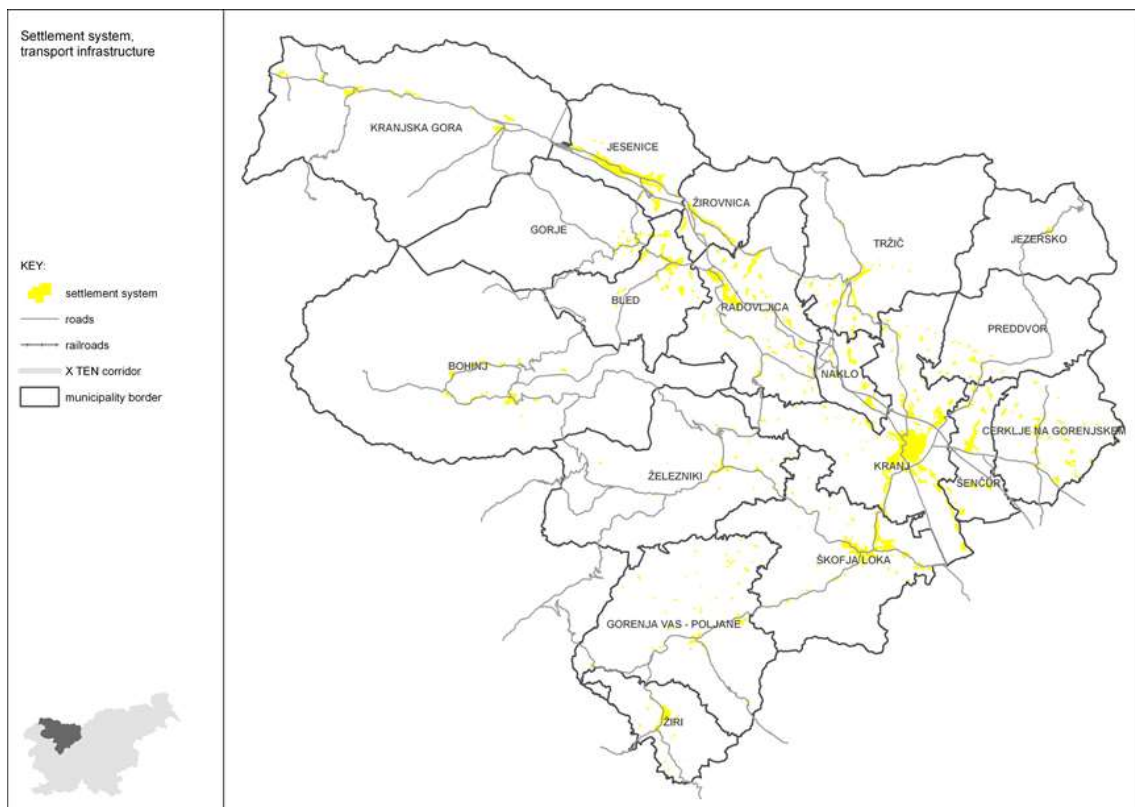


Figure 1. Settlement system and transport infrastructure in the Gorenjska region
 Source: (CLISP, 2011)

2. VULNERABILITY OF SETTLEMENTS AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE IN THE GORENJSKA REGION

Vulnerability assessment of the Gorenjska region to climate change was carried out in the project CLISP - Climate Change Adaption by Spatial Planning in the Alpine Space and upgraded in the C3-Alps project. The results show that of the most important systems in the region (tourism and recreation, energy, agriculture and forestry) the settlements and transportation infrastructure are the most vulnerable to climate change impacts. The estimation reflects the relatively high sensitivity of the territory to extreme weather events which trigger processes that have adverse impacts on settlements and transportation infrastructure. In the region, an

increased frequency and intensity of extreme weather events has already been detected and recorded. A relatively high proportion of settlements and transportation infrastructure is located on exposed areas and areas that are less suitable for construction (near rivers, flood plains etc.) (Figure 2).

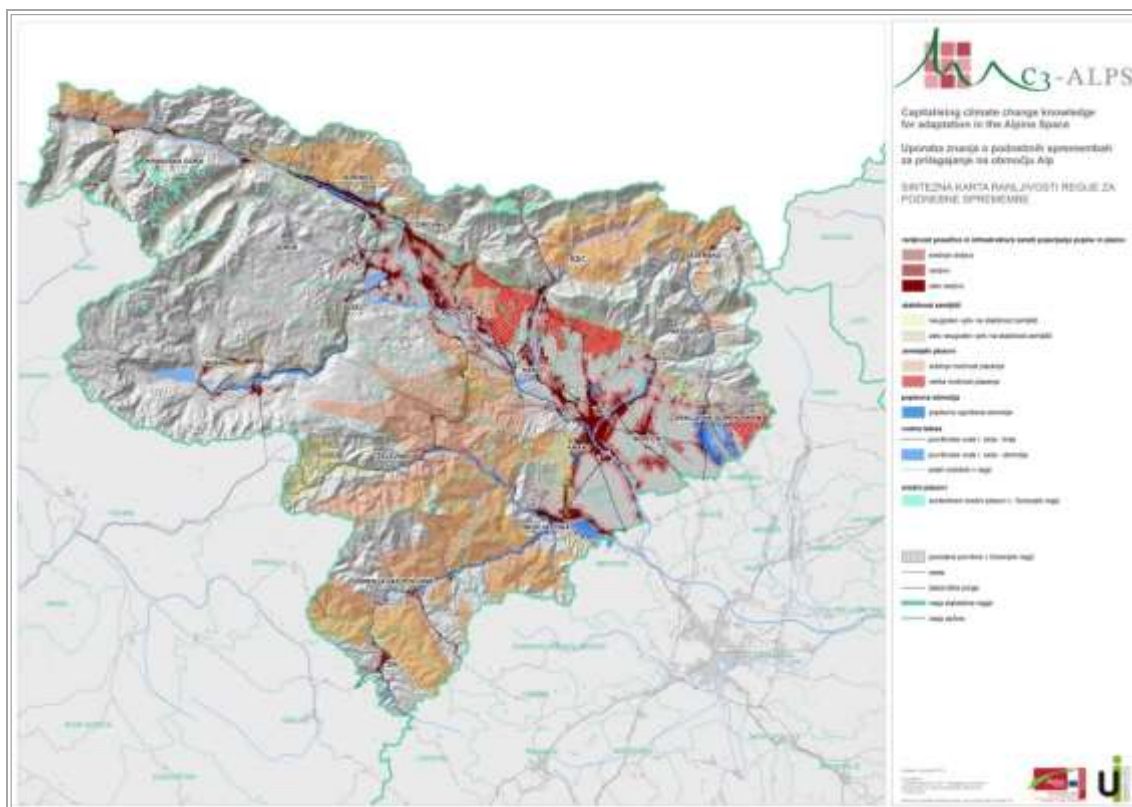


Figure 2. Vulnerability of the Gorenjska region to climate change

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

The overall adaptive capacity to the impacts of climate change has been assessed as moderate, initiatives to develop suitable measures occur mainly at the national level. At the local level, municipalities do not directly consider the climate change adaptation issues, however many of them prepare various measures aimed at reducing the negative impacts particularly of floods and droughts. Among them the most common are e.g. avoiding construction in areas which were already flooded, rehabilitation of watercourses, and construction of dry reservoirs, dikes and retaining walls. The Gorenjska region as a whole exhibits a medium level of vulnerability to climate change. In Table 1 and Table 2 the levels of vulnerability of the settlements and transport infrastructure are presented.

The data supplied in Table 1 show that more than 63% of the settlement areas in the region are characterized by a high or very high vulnerability to climate change. Besides, 21% of the buildings in the region are located on unstable soils, 2, 4% in landslides areas and 10% in areas of frequent and catastrophic flooding.

Table 1. Surface and share of vulnerable settlement areas in the region

Settlements	Level of vulnerability				in total
	very low / low	medium	high	very high	
Surface (ha)	949 ha	580 ha	796 ha	1.852 ha	4.178 ha
Share (%)	22,71 %	13,89 %	19,05 %	44,35 %	100 %

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

The data in Table 2 show that more than 60% of the transportation infrastructure facilities surface is characterized by a high or very high vulnerability to climate change. Besides, 3% of transportation infrastructure facilities are located in areas where the risk of occurrence of landslides is high; 18% in areas with a mean land sliding incidence; 38% on land with an inclination of more than 15%.

Table 2. Surface and share of vulnerable transportation infrastructure facilities in the region

Transportation infrastructure	Level of vulnerability				
	very low / low	medium	high	very high	in total
surface (ha)	286 ha	112 ha	575 ha	42 ha	1.015 ha
share (%)	28,11 %	11,07 %	56,58 %	4,16 %	100 %

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

3. SCENARIOS OF SETTLEMENTS AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN THE GORENJSKA REGION

In the field of adaptation to climate change spatial development scenarios are recognized as one of the expert tools that can help to improve the: (1) understanding of spatial trends, impacts and risks of climate change adaptation; (2) effectiveness of the preparation of spatial components of long-term strategic plans (or spatial plans) for adaptation to climate change; (3) implementation of long-term strategic plans (or spatial plans) for adaptation to climate change. Furthermore, the scenario planning of adaptation to climate change is recognized as one of the expert tools that can contribute to a more efficient and interconnected preparation of documents of spatial and development planning at the regional level with positive effects on the preparation of such documents at the national and local level.

Following is the presentation of three possible scenarios of adaptation to the impacts of climate change for the Gorenjska region: the scenario of spontaneous adaptation, the scenario of withdrawal and the scenario of enhanced protection. The scenarios encompass the period of time until the year 2030.

3.1. Scenario of spontaneous adaptation

3.1.1. Basic assumptions

Adaptation to climate change will, similarly to adaptation to economic and social changes, take place mainly at the level of individual stakeholders (individuals, households, local communities and enterprises). They will search for suitable solutions to solve their problems in a largely unrelated and uncoordinated manner. Measures taken to adapt to the impacts of climate change will depend on the knowledge and awareness of stakeholders about the nature and severity of impacts, as well as on their objective capacities and willingness to react in a given situation.

3.1.2. Possible tendencies and trends in the settlement system

The daily labour mobility from the settlements in the peripheral and less developed areas of the Gorenjska region, which are also highly vulnerable to climate change, is increasing. This is in line with an acceleration of the permanent rural outmigration. The latter results in further depopulation of smaller settlements as well as settlements which are distant from the main regional centres.

The migration flows are oriented particularly toward the main regional employment centers and to the nearby Ljubljana and Ljubljana urban region (LUR). Settlement areas located near the main centres are extending along the modern transport (road) infrastructure in a predominantly suburban and dispersed settlement pattern. Population mobility and migration are, to a limited extent, directed also in the opposite direction. Secondary home zones near the protected natural areas are becoming areas of permanent residence. Processes of spontaneous growth of holiday settlements, continuation of the transformation of the shepherds' huts in holiday and permanent residences, further expansion of holiday homes in hilly and mountainous areas, as well as a shrinking of protected areas, are continuing. Inhabitation is maintained in rural areas at higher altitudes which are closer to the central settlement areas. Problems are expected in tackling the issue of the existing illegally built houses. Spontaneous adaptation at the individual or local level prevails among the stakeholders that remain on locations vulnerable to climate change.

3.1.3. Possible tendencies and trends in the field of transportation infrastructure and accessibility

The limited financial resources of the state are directed primarily into the maintenance, renovation and construction of the key transportation infrastructure. The maintenance of the extensive regional road network and local routes is rendered difficult and depends on the availability of financial resources and skills of local

communities. The public transport system is not well enough developed. As regards the volume, quality and prices it is “overtaken” by passenger transport undertaken by private cars. Due to the increased incidence of flooding and landslides, access to some areas can be restricted for longer periods of time (Figure 3).

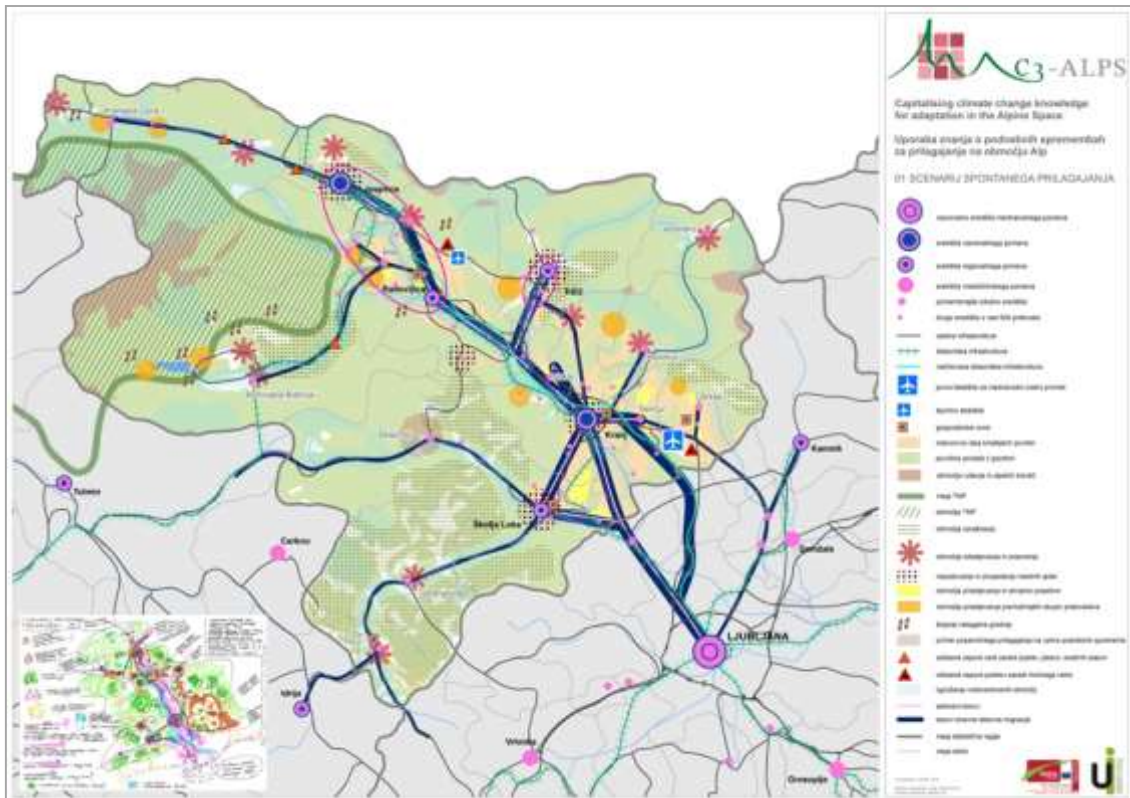


Figure 3. Scenario of spontaneous adaptation of the settlement system and transportation infrastructure in the Gorenjska region
 Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

3.2. Scenario of withdrawal

3.2.1. Basic assumptions

Due to the insufficient responsiveness of the state, lack of concrete climate change adaptation policies and measures, lack of public finances to increase resilience to climate change, low adaptive capacity, negative experiences and the rising costs from repeated cycles of phenomena "storm - damage - remediation of damage - storm - damage", individual stakeholders gradually withdraw from areas of frequent occurrence of natural disasters. They move their homes and/or economic activities to areas with lower degree of vulnerability to be found in broad plains at the bottom of the valleys within the Gorenjska region, which are concentrated on the development axis in the direction of Jesenice - Radovljica - Kranj - Šenčur - Škofja Loka, as well as outside of the region in Ljubljana (LUR).

3.2.2. Possible tendencies and trends in the settlement system

Due to withdrawal of inhabitants from the areas that are more vulnerable to climate change impacts, numerous permanent houses are expected to become holiday homes or remain empty. For those who will persist in these environments the safety and quality of life will deteriorate significantly.

The “emptying of territory” will take place in the areas of employment too, they will be displaced to the climate proof plain areas of the region. In areas of depopulation the real estate prices will decline and in areas of immigration they will increase. Because of the lower real estate prices, some parts of the population will seek opportunities for settling and work in the hilly countryside. Among those who will stay on locations vulnerable to climate change, spontaneous adaptation at the individual or local level will prevail.

3.2.3. Possible tendencies and trends in the field of transportation infrastructure and accessibility

The limited financial resources of the state will be directed primarily into the maintenance, renovation and construction of the key transportation infrastructure. An integrated system of public passenger transport will be developed particularly in the densely populated lowland part of the Gorenjska region. The rail transport will constitute the backbone of the public passenger transport. Maintaining of the extensive, particularly regional road network and local routes will be made difficult and will depend on the financial situation and skills of local communities. Due to an increased incidence of flooding and landslides, access to some vulnerable areas can be restricted for longer periods of time (Figure 4).

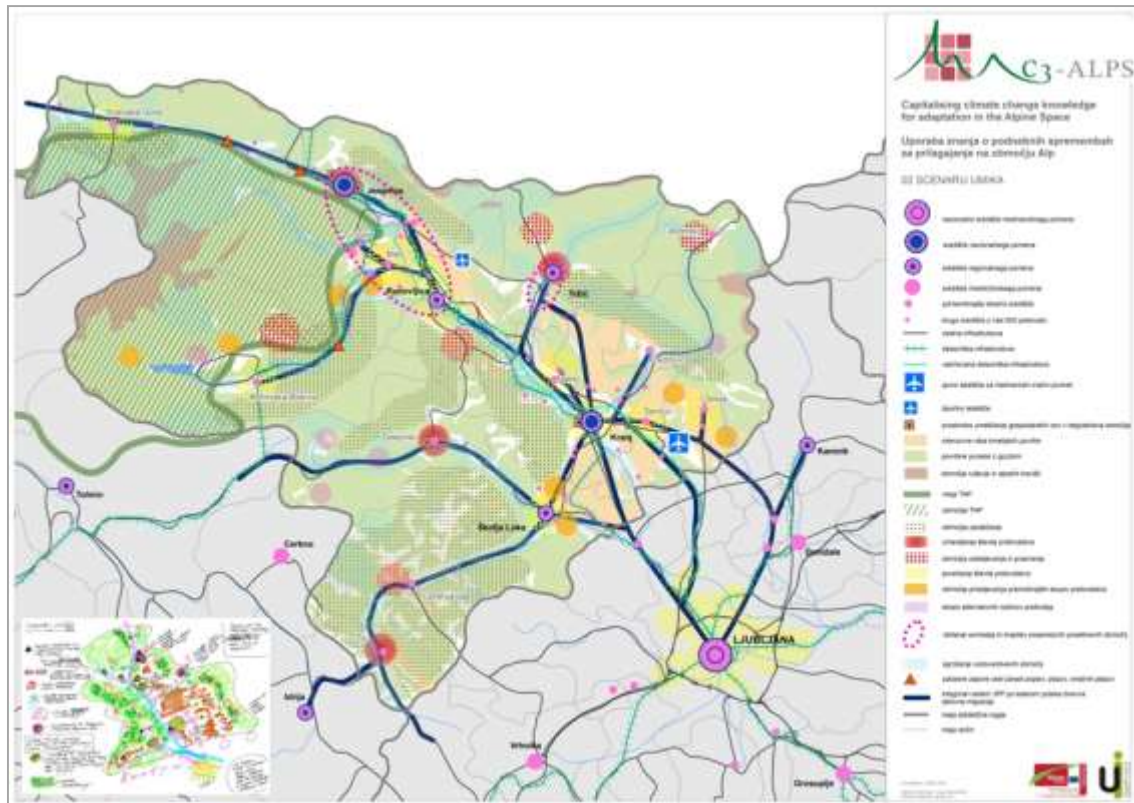


Figure 4. Scenario of withdrawal for the settlement system and transportation infrastructure in the Gorenjska region

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

3.3. Scenario of enhanced protection

3.3.1. Basic assumptions

The scenario assumes the existence of efforts to improve the protection of people and assets from the impacts of climate change "at any price". On areas most vulnerable to climate change impacts, most stakeholders are determined to stay and retain the ownership of the building plots and buildings as well as to preserve their long-term value. Municipalities and other stakeholders make effort to preserve the use value of the local public utility infrastructure. Similar efforts are also present in the central settlement areas of the region, although they are, due to the more active role of the state in providing for the security of residence, the effectiveness of implementation of economic activities and the fluidity of the transport flows, less pronounced.

3.3.2. Possible tendencies and trends in the settlement system

The permanent migration mobility of the population to the central and safer plain areas of the region is decreasing, while a high daily mobility is being maintained. Additional measures to ensure safe traffic, mobility and accessibility are being implemented. Successful supra-local adaptation measures have an attraction effect on those segments of the population who are willing to stay in their own houses in a green and socially more integrated environment. Social control increases, restricting inappropriate and unauthorized interventions in the regional space. The pressures for spontaneous growth of holiday villages are decreasing. Innovative and

ecosystem-based approaches in the field of natural resources and related economic activities are being developed. Settlements are opening to safe and environmentally restored "blue", "green" and "grey" corridors.

3.3.3. Possible tendencies and trends in the field of transportation infrastructure and accessibility

The limited financial resources of the state are directed primarily into the maintenance, renovation and construction of the key transport infrastructure. The state provides the safest access to road and rail links to the most important tourist areas in the region, which are also the areas of leisure and recreation for the local inhabitants. The development of an integrated public transportation system, closely aligned with the polycentric settlement system of the region contributes to the promotion of sustainable mobility. Where possible, the railway transport constitutes the backbone of the public transport, maintenance of the extensive regional road network and local routes depends mainly on the financial strength and skills of local communities (Figure 5).

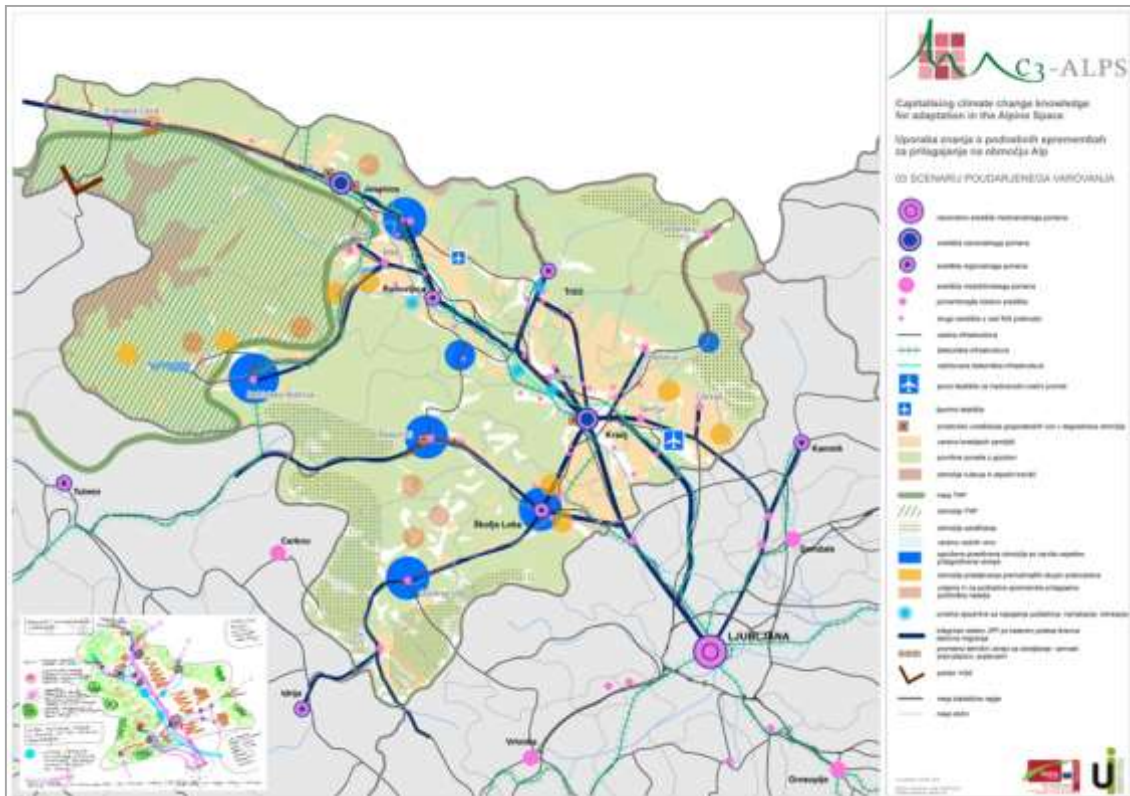


Figure 5. Scenario of enhanced protection of the settlement system and transportation infrastructure in the Gorenjska region

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

4. VISION, CONCEPT AND STRATEGY OF SETTLEMENTS AND TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN GORENJSKA REGION

Based on the chosen scenario a vision, concept and strategy of the settlements and transportation infrastructure adaptation to climate change in the Gorenjska region have been drafted and discussed with stakeholders during workshops.

4.1 Vision

The settlement system and transport infrastructure in the Gorenjska region are adapted to the changing climatic conditions. Local communities and other stakeholders (public utilities, companies, regional development agencies, NGOs and citizens) are capable of coping with the risks and to exploit the opportunities connected with climate change impacts. Measures to adapt settlements and transportation infrastructure are aligned with, and supporting, those aimed at climate change mitigation. The measures to adapt settlements and transportation infrastructure are coordinated with those aimed at adaption of other spatial, economic, social and environmental systems.

4.2 Concept

To achieve the desired high degree of adaptability of the settlements and transport infrastructure of the Gorenjska region to the impacts of climate change, two key development processes should be introduced:

1. Formation of a polycentric urban system with a reasonable division of economic and social activities between settlements. The settlements are functionally linked together. Sustainable daily mobility of the population based primarily on public transport modes exists within the system.
2. A gradual densification of towns and settlements with the aim to achieve a more efficient use of non-renewable resources and to contribute to: development of employment, supply and service activities; a wider offer of housing types; introduction of sustainable forms of mobility; raising of the quality of life for all population groups; enhancing resilience to extreme weather events and impacts of climate change. The densification of urban areas is a spatial development process that leads to a gradual formation of compact cities and other settlement types.

Beside being a fundamental prerequisite for achieving an effective adaptation of settlements and transportation infrastructure of the Gorenjska region to the impacts of climate change, a polycentric urban system is also the key to high regional efficiency in the field of climate change mitigation.

The implementation of a polycentric urban system and the gradual densification of cities and settlements could also be helpful when strategies, policies and actions for adaptation of other systems to climate change are being devised (Figure 6).

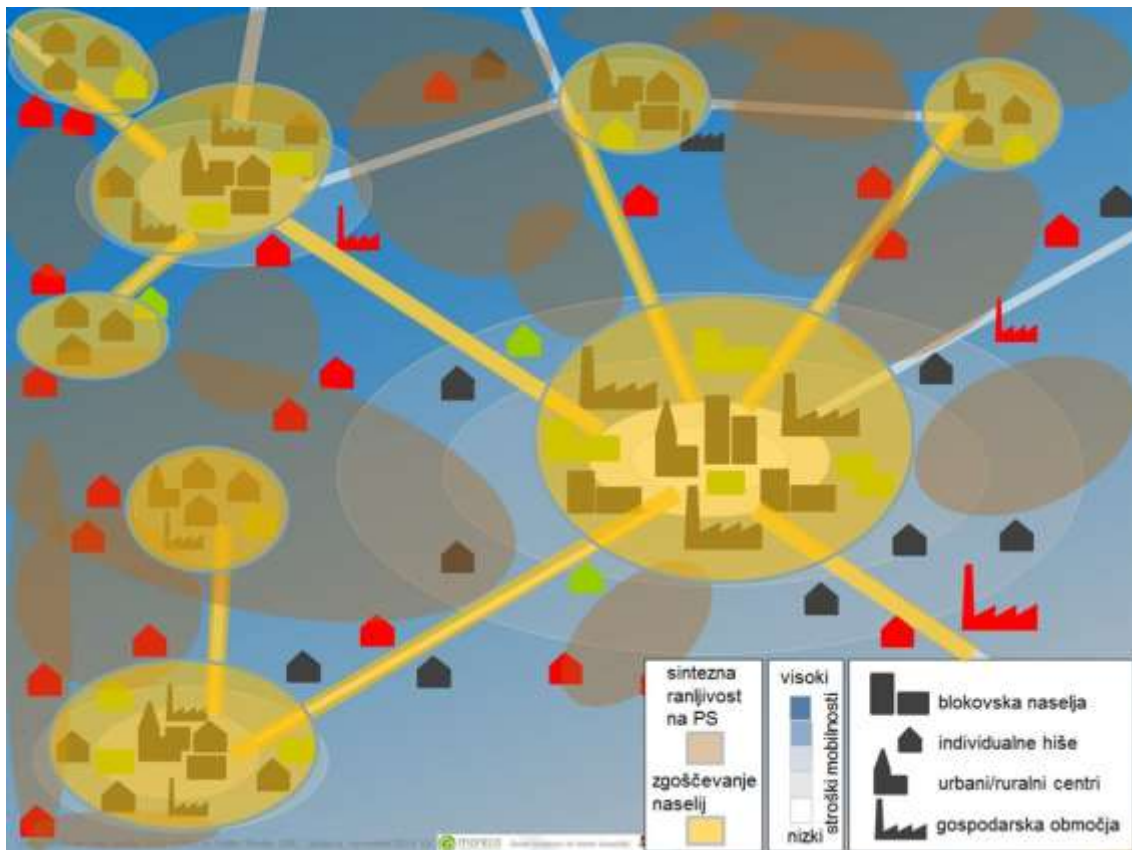


Figure 6. Concept of settlements and transportation infrastructure adaptation to climate change in the Gorenjska region

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

4.3. Strategy

Adaptation of settlements and transportation infrastructure of the Gorenjska region to the impacts of climate change should be based on the following strategic guidelines:

1. With an appropriate (spatial) planning, multipurpose land use and linking of different sectors the safety of the population throughout the region is enhanced.
2. Protection is afforded to the existing and planned settlements and transportation infrastructure in areas that are affected by natural or other disasters, withdrawal is planned from the areas where protection is not possible or not effective.
3. Measures to strengthen the functional and infrastructural integration of cities and other settlements and to improve the maintenance of transportation infrastructure connections in the network of urban settlements are implemented, so that the planned conurbations in the region start to function.
4. Close cooperation between municipal spatial planners is encouraged with a view to preparing and implementing common spatial planning measures for the whole region.
5. Development of the national and key regional transportation network is directed to climate-proof infrastructure corridors, protected, where necessary, by appropriate technical measures (tunnels, galleries, overpasses).
6. Protecting and improving the road and rail links with the neighbouring countries and regions.
7. Establishing an integrated system of public transport offer that includes the rail as well as the regular regional and urban bus transport services.
8. New housing and business premises are located in degraded urban areas. This is especially relevant for the plains in the central part of the region.
9. The existing economic zones are protected against extreme natural phenomena or relocated to climate proof locations.
10. The typical morphology of settlements is maintained. Their internal development should follow the principle of densification and the rich cultural heritage should be protected.

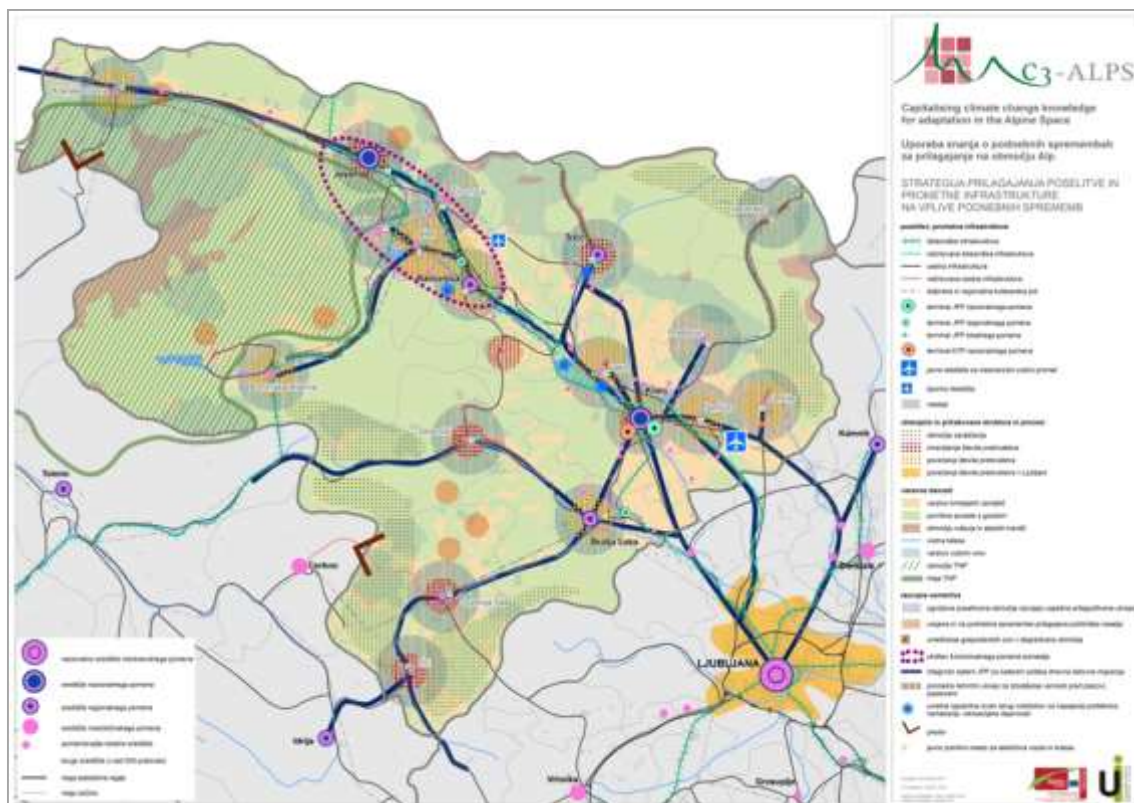


Figure 7. Strategy of settlements and transportation infrastructure adaptation to climate change in the Gorenjska region

Source: (Gulič, A., Cof. A., 2014)

5. CONCLUSIONS

Climate change impacts as well as climate change adaptation policies and measures are highly complex issues, from the point of view of properly understanding them in the first place and of establishing conditions for finding adequate responses to them in the second. The broadest circumstance, and a cause at the same time at the state level and at the level of the Gorenjska region, is the prevailing perception of climate change impacts as a time remote problem which does not directly concern single actors, except in cases where they were, one or more times, affected by extreme weather events and consequent natural disasters (floods, landslides, hail etc.).

At the forefront of stakeholders' attention are the actual economic and social problems closely linked with global and national financial crisis and other spatial and environmental issues which are not explicitly associated with the climate change impacts. The above described perception is typical of the majority of national (state ministries), regional (regional development agencies) and local institutions (municipalities) and for the general public. At the time being, climate change adaptation is not a political, economic, social, spatial and environmental priority.

Generally, the available domestic expertise in this field is relatively limited, whereas reliable foreign sources and literature are not accessible in the Slovenian language. This circumstance impedes informing and awareness rising of the general public and other relevant actors such as municipalities, enterprises, regional development organizations.

From the organized workshops, and also from earlier experiences obtained in the project CLISP – Climate change adaptation by spatial planning in the Alpine Space where Gorenjska was a pilot area too, it is evident that stakeholders have difficulties comprehending climate change. The fact that causes and impacts of climate change are distant in time and space, that individual and group experiences from the recent and distant past are different from the current, as well as the differing positions, interests and values of actors, make it difficult to define the roles and tasks of individual stakeholders in combating climate change impacts.

In such a situation it would be necessary to (1) increase the volume and improve organization of the basic and applied knowledge on climate change impacts and climate change adaptation (mitigation) in the public domain, (2) acquire and disseminate information on good practice examples of climate change adaptation and mitigation from abroad, (3) acquire and edit the local information about the sensitivity of local areas to the impacts of climate change, (4) acquire and edit the local information, knowledge and experience on best practices in coping with extreme weather events in the past and (5) prepare a GIS system that would enable gradual entering and editing of quantitative and qualitative information on exposure, sensitivity, adaptability and vulnerability of different territorial areas to the impacts of climate change.

The recommendations proposed could be useful for state institutions responsible for climate change, regional development agencies and municipalities in the process of preparation and implementation of climate change adaptation policies, strategies and measures at the state, regional and local level.

Literature

- [1] Praper Gulič, S. *Climate Adaptation Policies, Governance and the Science-Policy Interface in Alpine Countries and regions*, Country Report in Slovenia. Deliverable of WP4 in the C3-Alps project. Ljubljana: Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia. 2013. 230 p.
- [2] Praper Gulič, S., Gulič, A., Golobič, M., Cof, A. *CLISP - Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space*. Model region Gorenjska, Model Region Report. Ljubljana: Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia. 2011. 269 p.
- [3] Gulič, A., Praper Gulič, S., Tominc, B. *Scenario planning for climate change adaptation in the field of spatial planning at the regional level*, Pilot activity report. Ljubljana: Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia. 2014. 71 p. (<http://www.c3alps.eu/index.php/en/results-menu/downloads-menu/file/193-scenario-planning-for-climate-change-adaptation-in-the-field-of-spatial-planning-at-the-regional-level>).
- [4] Gulič, A., Praper Gulič, S., Tominc, B. *Prilaganje poselitve in prometne infrastrukture Gorenjske regije vplivom podnebnih sprememb: scenariji, zasnova, strategija, akcijski načrt*, Zaključno poročilo o rezultatih pilotne aktivnosti Scenariji kot prostorsko načrtovalsko orodje pri prilaganju podnebnim spremembam na regionalni ravni. Ljubljana: Urban Planning Institute of the Republic of Slovenia. 2014. 71 p. (http://c3alps.uirs.si/Portals/0/C3_ALPS_zakljucno%20porocilo_dec2014.pdf).

- [5] UBA – Umweltbundesamt GmbH in sod., *CLISP – Climate change adaptation by spatial planning in the Alpine Space* (CLISP – Prilagajanje podnebnim spremembam z orodji prostorskega načrtovanja). Cilj 3 – Evropsko teritorialno sodelovanje – Program Območje Alp 2007–2013. 2011. (<http://www.clisp.eu/content/>).
- [6] UBA – Umweltbundesamt GmbH in sod., *C3-Alps - Capitalising Climate Change Knowledge for Adaptation in the Alpine Space* (C3-Alps - Uporaba znanja o podnebnih spremembah za prilagajanje na Območju Alp). Cilj 3 – Evropsko teritorialno sodelovanje – Program Območje Alp 2007–2013. 2014. (<http://www.c3alps.eu/index.php/en/> in <http://c3alps.uirs.si/>).

UTICAJ KLIMATSKIH I VREMENSKIH EKSTREMA NA PRIMERU PUTNE MREŽE KOJU ODRŽAVA AD “NOVI PAZAR – PUT”

Mirsada Uglič

¹ AD “Novi Pazar – put”, Novi Pazar, mirsada.uglic@np-put.rs

Rezime: Počev od faze odabira elemenata puta i položaja trase jedan od ograničavajućih i usmeravajućih faktora su terenski i klimatski uslovi.

Eksplatacioni period i promene na putu do kojih dolazi usled dejstva klimatskih uslova, a naročito klimatskih ekstrema, su najbolji pokazatelj da li su i u kojoj meri oni dobro sagledani i uzeti u obzir.

Brojni radovi i aktivnosti u neposrednom okruženju puta dovode do brojnih mikro klimatskih promena koje zahtevaju pažljivo praćenje. Njihovo zanemarivanje može se negativno odraziti na eksploatacione uslove na putu i imati vrlo loše posledice po bezbednost svih učesnika u saobraćaju.

Rad govori o uticaju prirodnih ekstrema na puteve, načinu smanjenja i prevazilaženja njihovog uticaja kao i o problemu promena klimatskih uslova usled ljudskih aktivnosti u zoni puteva na primeru putne mreže koju održava AD “Novi Pazar –put”

Ključne reči: terenski uslovi, klimatski uslovi, klimatski ekstremi, klizišta, mikro klimatski uslovi.

THE INFLUENCE OF CLIMATE AND WEATHER EXTREMES AT THE EXAMPLE OF ROAD NETWORK MAINTAINED BY AD “NOVI PAZAR – PUT”

Mirsada Uglic

¹ AD “Novi Pazar – put”

Abstract: Starting from the phase of road elements choice and the route position, a terrain and climate conditions are one of the limiting and directing factors.

An exploitation period and changes on the road, since the influence of climate conditions, and especially climate extremes, are the best indicators whether and to what level they have been reconsidered well and taken into account.

Numerous works and activities in a direct environment lead to numerous micro climate changes that demand a careful observation. Their neglecting can negatively reflect onto exploitation road conditions and have very bad consequences for safety of all participants in the traffic.

The Paper is on the influence of natural extremes onto roads, a way to reduce the ones and overcome their influence, as well as the issue of climate conditions since human activities in roads' zone, at the example the road network maintained by AD "Novi Pazar-put"

Keywords: terrain conditions, climate conditions, climate extremes, landslides, micro climate conditions.

1. UVOD

Na prostoru od oko 4.750km² koji obuhvata gradove Kraljevo i Novi Pazar i tri opštine: Raška, Sjenica i Tutin AD “Novi Pazar – put” održava mrežu državnih puteva I i II reda u dužini od 805km. Specifičnosti koje karakterišu ovaj prostor i koje utiču kako na održavanje postojeće mreže puteva tako i na radove na njenoj modernizaciji, poboljšanju i izgradnji se odnose na:

- veličinu i stanje postojeće putne mreže
- makro reljefne karakteristike
- klimatske uslove i
- hidrografske karakteristike.

1.1. Veličina i stanje postojeće putne mreže

Postojeću putnu mrežu čini 308km puteva IB reda i 497km puteva IIA i B reda. U pogledu stanja kolovoza imamo zastupljene asfaltne (86%) i makadamske kolovoze (14%). Na deonici puta IIA reda broj 197 još uvek imamo 2km zemljanog puta.



Slika 1. Šematski prikaz stanja putne mreže AD "Novi Pazar – put"
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

U pogledu primenjenih elemenata većina naše putne mreže ne zadovoljava. Radijusi horizontalnih krivina su manji od propisanih za odgovarajući rang puta. I radijusi zaobljenja vertikalnih preloma su manji od propisanih. Osim toga veći problem za odvijanje saobraćaja i bezbednost učesnika u saobraćaju predstavlja neodgovarajuća širina kolovoza u pravcu, odnosno nedovoljna proširenja u krivinama za mimoilaženje teretnih vozila i autobusa.

Kada se govori o putnoj mreži koju održava AD "Novi Pazar – put" na području Kraljeva i Raške treba naglasiti da su gotovo svi putni pravci rađeni po projektu izuzev nekih manjih deonica (prolaz kroz Šipačinu zbog nerešenih pravno – imovinskih odnosa). Elementi trase (situacije, nivelacije i poprečnog profila) su dati u skladu sa zahtevima propisa i maksimalno uklopljeni u okolni teren.



Slika 4. IB 22 deonica puta Kraljevo - Ušće
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Na području Novog Pazara, Sjenice i Tutina to nije slučaj. Najveći deo dve strateški važne saobraćajnice za ovaj kraj: putevi IB 29 Aljinoviće – Sjenica – Novi Pazar i IIA 203 Novi Pazar – Tutin – Špiljani su rađeni po postojećem stanju davnih sedamdesetih. Trasa ovih putnih pravaca maksimalno prati postojeći teren ali zato u pogledu primenjenih elemenata ne odgovara rangu puteva. Radijusi horizontalnih krivina su veoma mali (na IB 29 na deonici Aljinoviće – Sjenica imamo radijuse 25-30m kao i na deonici puta IIA 203 Novi Pazar – Tutin).

Kod putnih pravaca na Peštorskoj visoravni imamo dvojaku situaciju. Deonice puteva IIA 202 Sjenica – Karajukića Bunari – Tutin i IIA 197 Duga Poljana - Karajukića Bunari su rađene po pravilima struke. One su se maksimalno uklopile u terena, ispoštovani su zahtevi po pitanju primenjenih elemenata i kao takve su zadovoljile zahteve i očekivanja koje put ima prema korisnicima.

Na drugoj strani deonica puta IIA 204 Novi Pazar – Sopoćani – Melaje – Rasno koja prolazi u neposrednoj blizini manastira Sopoćani je zbog kulturnog spomenika uvrštenog u svetsku baštinu a i zbog terenskih ograničenja morala biti urađena po postojećem stanju što je uslovalo primenu manjih elemenata: manjih radijusa horizontalnih krivina ($R_h=15m$) i manje širine kolovoza (kreće se od 4,0 – 7,5m na mestima sa proširenjem gde to terenski uslovi dozvoljavaju).



Slika 5.6.7. Državni put IIA 204 u fazi gradnje, deonica Sopoćani - Crnoča
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Za put IIA 201 Sjenica – Bare – Kumanica je u celoj dužini urađena projektna dokumentacija. Od 1992.godine do danas je na ovom putnom pravcu od 40km urađeno 16km po projektu dok se poboljšanje stanja kolovoza u 2016. i 2017.godini izvodi po postojećem stanju, sa manjom širinom kolovoza i primenom radijusa koji prate zatečeno stanje na terenu.

1.2. Makro reljefne karakteristike

U celini gledano područje putne mreže AD "Novi Pazar – put" je planinskog karaktera. Planine ovog područja su razdvojene brojnim rečnim dolinama koje predstavljaju prirodno usmerenje za vođenje trasa puteva. U pogledu visine uglavnom se radi o planinama srednjih visina izuzev Mokre gore sa vrhom Pogled (2154m) i Kopaonika sa Pančičevim vrhom (2017m) koje su visoke planine. Oko 45% putne mreže se nalazi na nadmorskoj visini većoj od 600m, a čak 25% na visinama većim od 1000m nadmorske visine.

1.3. Klimatski uslovi

Na prostoru putne mreže AD "Novi Pazar – put" su prisutni uticaji različitih klimatskih faktora i modifikatora zbog čega su zastupljene umereno – kontinentalna i planinska kao i prelazna subplaninska klima. Osnovna odlika umereno – kontinentalne klime su umereno topla i duga leta i hladne i relativno kratke zime. Na visinama iznad 1200 i 1300m zime su oštre, duge i pune snega a leta relativno kratka i sveža. Na visinama od 800 do 1200m je zastupljena subplaninska klima koju karakterišu duge oštre zime sa obilnim padavinama i kratkim i svežim letima.



Slika 2.3. Stanje putne mreže na Pešteri u zimskim uslovima,
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Visoki snežni nanosi i jaki vetrovi stvaraju veliki problem zimi. Smetovi otežavaju, i ponekad gotovo onemogućavaju odvijanje sobračaja a time posredno otežavaju i odvijanje svih ostalih vitalnih funkcija društva. U periodu topljenja snega opet nastaju problemi sa poplavama, pojavom klizišta, otcepljenja i raznih oštećenja infrastrukturnih objekata.

1.4. Hidrografske odlike

U vezi sa geološkim sastavom terena i klimatskim uslovima na prostoru na prostoru naše putne mreže su zastupljene normalna i specifična hidrografija. Na prostoru vodonepropusnih terena je zastupljena normalna hidrografija i nju odlikuju veliki broj izvora i vodenih tokova. Na kraškim vodopropusnim terenima Sjeničko – Pešterske visoravni zastupljena je specifična hidrografija i nju odlikuju manji broj izvora i vodotokova ali su zato prisutne velike podzemne vode koje mestimično izbijaju u vidu kraških vrela.

2.PRIRODA I NJEN UTICAJ NA PUTNU INFRASTRUKTURU

2.1. Projektni elementi putne infrastrukture

Teški terenski uslovi na većem delu naše putne mreže otežavaju i uslovljavaju odabir projektnih elemenata trase puta a time ograničavaju i parametre koji utiču na bezbednost učesnika u saobraćaju. U tom pogledu poseban problem predstavljaju trase puteva koji su rađeni po postojećem stanju. Kod njih je, prema postojećoj definisanoj trasi formiran i putni pojas što predstavlja ograničavajući faktor kod svih planiranih rekonstrukcija ovih putnih pravaca.

Osnovni zahtev u projektnim zadacima za rekonstrukcije i poboljšanje stanja ovih putnih pravaca je da se što manje izlazi iz postojećeg putnog pojasa, što ponovo ograničava primenu adekvatnih elemenata za odgovarajući rang puta. To se može videti iz priložene tabele koja daje pregled primenjenih radijusa horizontalnih krivina na deonici broj I i II putnog pravca IIA 203 Novi Pazar – Tutin od km:4+355,10 – km:10+854,51 i km:10+851,51 do km:14+502,72 prema projektu poboljšanja ovog putnog pravca

Tabela 1. Pregled primenjenih Rh na I deonici puta IIA 203

Primenjeni Rh	Broj	%
>120	26	32.9
75<Rh<120	23	29.1
50<Rh<75	20	25.3
<50 (40)	10	12.7

Izvor: Projekat Poboljšanja puta IIA 203(Institut za puteve, Beograd)

Tabela 2. Pregled primenjenih Rh na II deonici puta IIA 203

Primenjeni Rh	Broj	%
>120	21	50.0
75<Rh<120	8	19.0
50<Rh<75	5	12.0
<50 (40)	8	19.0

Izvor: Projekat Poboljšanja puta IIA 203(Institut za puteve, Beograd)

Podaci iz tabele ukazuju na to da na manje od 50% imamo primenjene radijuse koji ne zadovoljavaju zahteve propisa za ovaj rang puta. Posredno, ovi elementi utiču na povećanje vremena provedenog u putovanju što se opet odražava na duže izlaganje prirode u okruženju i ljudi koji tu žive štetnim izduvnim gasovima i većoj buci.

Reljef sa svojim karakteristikama – rasporedom dolina reka, uvala, jaruga i kotlina definiše raspored i položaj objekata – mostova, zidova i propusta. Za duži vek puta veoma je bitno da se sistem odvođenja površinskih i podzemnih voda u fazi projektovanja reši tako da se maksimalno ispoštuju prirodni tokovi kretanja vode, jer su mesta propusta i ostalih objekata zbog uticaja saobraćaja i vode u fazi eksploatacije potencijalna slaba mesta.



Slika 8. Oštećenje propusta na putu IIA 203
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Poseban problem po pitanju funkcionisanja sistema za odvodnjavanje predstavljaju deonice puta uz koje se formiraju naselja. Jedan broj klizišta uzrokovan je zatvaranjem postojećih propusta i kanala i omogućavanjem vodi da nekontrolisano otiče kroz kolovoznu konstrukciju. Sanirano klizište na državnom putu IIA reda broj 199, Novi Pazar – Golija (Odvračenica) "Kod ciglane" na km:2+500 je upravo uzrokovan zatvaranjem izlaznog dela propusta od strane korisnika parcele koja se graniči sa putnom parcelom.

2.2. Uticaj klimatskih ekstrema

Područje na kome AD "Novi Pazar – put" održava putnu mrežu je poznato po svojim sneg se na području Sjenice zadržava 100 dana prosečno godišnje. Kopaonik ima svoje klimatske osobenosti koje se ogledaju u veoma čestim promenama temperaturnih uslova u toku dana i svima je poznata uzrečica "da se na Koponiku za dan promene sva četiri godišnja doba". Na Kopaoniku u proseku 163 dana godišnje ima snega. U takvim uslovima je veoma bitno znati reagovati na pravi način i pravovremeno. Svako kašnjenje u reagovanju po pitanju održavanja puteva može se negativno, a u izuzetnim slučajevima i kobno odraziti na korisnike puta a i na sam put. Stvaranje snežnog pokrivača na putu ili poledice na jednoj strani smanjuje bezbednost učesnika u saobraćaju a na drugoj stvara mogućnost da se voda nastala nakon otapanja snega ili leda nađe u kolovoznoj konstrukciji gde će nakon ponovnog smrzavanja u vidu ledenih prosljaka vremenom dovesti do oštećenja iste.

2.3. Uticaj vremenskih ekstrema

Svedoci smo da se klima menja i da se sve češće javljaju velike kiše koje dovode do izlivanja reka i plavljenja. Imali smo takvu situaciju 2014. i 2015.godine. Obilne padavine su natopile teren na većem broju deonica puteva koje održavamo i doveli ga do zasićenja zbog čega je došlo mestimično do pojave njegovog klizanja. Pojavni oblici klizanja su bili različiti od manjih otopljenja kosine nasipa u zoni bankine ili nožici preko loma kolovozne konstrukcije po sredini puta do kretanja ogromne količine zasićenih delova zemljišta i njenog izlivanja na put. Osnovni princip rešavanja pitanja sanacije kod ovih klizišta je bio sanirati ili tamo gde ga nije bilo uraditi sistem drenažnih rovova u zoni tela klizišta i formirati konstrukciju bilo betonsku ili od gabiona čija uloga je da zadrži dalje kretanje mase.



Slika 9. Klizište u Kovačima, IIA 203 na km:9+250
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"



Slika 10. Otopljenje na IB 22, Polumir, na km:172+940
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"



Slika 11.12. Klizište "Pivnice" na IB 22, Kraljevo - Ušće na km:390+050
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Deo klizišta je nastao u nožici nasipa puta koja se nalazi u zoni uticaja reka. Tako je došlo do oštećenja već saniranog klizišta na putu IB reda broj 30 Ivanjica – Ušće u blizini manastira Studenica gde je voda svojom snagom odnela deo kamenog nabačaja "jastuka" koji nosi konstrukciju od armirane zemlje.



Slika 13. Klizište "Studenica" na IB 30, Ušće - Ivanjica
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Na putu IIA reda broj 203 Novi Pazar – Tutin postojeća oštećenja u zoni gde se nožica nasipa nalazi u blizini Ljudske reke su se povećala i taj trend rasta se nastavlja usled uticaja saobraćaja.



Slika 14. Porušena obaloutvrda u nožici nasipa na km:9+250-9+295
Source: Geotehnički elborat, IIA 203, Institut za puteve, Beograd

3. UTICAJ LJUDSKIH AKTIVNOSTI NA PRIRODU

3.1. Izgradnja puteva

Relacija uticaja prirode i putne infrastrukture je dvostrana. Onako kako priroda uslovljava i ograničava gradnju puteva tako čovek svojim aktivnostima utiče na prirodu. Veoma je bitno da ljudska aktivnost na iskopima, betoniranju ili asfaltiranju ne poremeti postojeću ravnotežu u prirodi. U tom cilju se i vrše geoistražni radovi i rade elaborati ili projekti geotehničkih i geoistražnih radova, ali je veoma bitno dobro poznati teren na kom se izvode radovi pre bilo kakvih aktivnosti.

Dešava se da i pored ispitivanja i preduzetih zaštitnih mera prilikom izvođenja radova na trasi aktivira kretanje zemljane mase. Takav slučaj smo imali prilikom izvođenja radova na probijanju trase obilaznog puta oko Novog Pazara kada je vrlo brzo nakon započetih radova na iskopu i rasterećenja terena u zoni dužine oko 30m došlo do pojave boranja tla u zoni desne strane zaseka. Sa daljim radovima se stalo ali postoji i potencijalna opasnost da se usled vremenskih uslova javi raskvašavanje terena koje može da pokrene tu zemljanu masu. Ovo pre iz razloga što se nisu nastavili radovi na daljoj izgradnji ove deonice već je samo urađena konzervacija započetih radova.

Osim radova neposredno na trasi i radovi na iskopu i gradnji objekata u blizini puteva mogu dovesti do situacije da se nakon izvesnog vremena javi neka deformacija u zoni puta. Uzrok ovome može biti jedna od ovih situacija: -gradnja novog objekta koji dodatno opterećuje kosinu nasipa ili zaseka

-zasecanje kosine nasipa radi izrade novog prilaza parceli koja se graniči sa putnim pojasem (za oštećenje na državnom putu IB reda broj 22, deonica Novi Pazar – Ribarići istražni radova će pokazati da li je lokalni prilaz koji je urađen u nožici nasipa uzrokovao pojavi nastalog oštećenja na putu)



Slika 15. Oštećenje na IB 22, deonica Novi Pazar – Ribarići, na km:276+800
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

-izvođenjem radova u blizini puta kojim se remeti sistem odvođenja površinskih voda ili remeti tok podzemnih voda.
(zatvaranje propusta i kanala u nožici nasipa sa stvaranjem prostora za lociranje objekta za tehnički pregled vozila uz državni put IB reda broj 22, deonica Raška – Novi Pazar)



Slika 16.17. Zatrpavanje odvodnog kanala na IB 22, deonica Raška - Novi Pazar
Izvor: Arhiva AD "Novi Pazar – put"

Da bi se ova dodatna oštećenja sprečila veoma je bitna uloga sektora za zaštitu puteva kod upravljača državnim putevima i blagovremena intervencija preduzeća koje održava te puteve.

3.2. Izgradnja akumulacija

Izgradnja akumulacija za opslužvanje većih ili manjih hidroelektrana u velikoj meri menja mikroklimu u zoni same akumulacije. Osim uticaja na temperature, vlažnost vazduha, floru i faunu veoma je bitan njihov uticaj na saobraćajnice koje se nalaze u njihovim okruženjima. Oscilacije nivoa vode u akumulaciji utiču na stanje kosina nasipa puteva u blizini zbog čega se mogu javiti deformacije na putu – klizišta. Na državnom putu IB reda broj 32 Ribarići – Zubin Potok koji ide levom stranom akumulacije iz ovog razloga došlo je do pojave klizišta u zoni mosta "Ivanov potok" a došlo je i do deformacija na samom objektu u zoni zadnjeg stuba. Klizišta "Ivanov potok 1" i "Ivanov potok 2" su nastala usled promena u trupu puta usled oscilacija nivoa vode u akumulaciji. Ovo se odrazilo na denivelaciju desne strane kolovoza po sredini puta dubine od 5-19cm i stvaranja zazora kolovoza uz postojeći zida širine do 1cm, što je dodatno omogućilo prodiranje površinskih voda u trup puta i dalje njeno razorno dejstvo.

Klizište "Ivanov potok 1" je sanirano a kod klizišta "Ivanov potok 2" su preduzete hitne mere sanacije u cilju zaustavljanja prodiranja vode iza zida i kroz pukotine u asfaltu. Dalji uticaj teškog saobraćaja, promene

mehaničkih i hemijskih karakteristika terena usled oscilacija nivoa vode akumulacije uticali su da se dejstvo ovih klizišta objedini u jedno i da se tako objedinjeno posmatra u postupku daljih radova na iznalaženju sistema potrebne sanacije.



Slika 18 Klizište "Ivanov potok 1" 2009.god.



Slika 19.Širenje klizišta "Ivanov potok 1" 2010.god.



Slika 20. Klizište "Ivanov potok 2" 2010.god.



Slika 21. Klizišta "Ivanov potok 1 i 2" 2015.god.

Izvor: *Elaborat geotehničkih ispitivanja sa predlogom sanacije, IMS Beograd*

Akumulacija u Jošaničkoj Banji je sigurno dovela do određenih promena koje su se prvenstveno odrazile na potrebu pojačanog održavanja u zoni njenog uticaja zbog veće vlage u vazduhu i opasnosti da u jutarnjim i večernjim satima dođe do pojave poledice. I pored redovnih aktivnosti na zimskom održavanju puta IIA reda broj 207 Biljanovac – Jošanička Banja u periodu od 29.11.2016. do 10.12.2016.godine na ovoj deonici puta su se desile tri saobraćajne nesreće i kao razlog za sve tri su, pored neprilagođene brzine vremenskim uslovima, navedeni klizav kolovoz usled poledice i leda na kolovozu. Obzirom da do izgradnje akumulacije na ovoj deonici nismo imali ovakvih pojava nameće se zadatak kako nama koji održavamo ovu deonicu tako i upravljaču puteva da u sklopu svojih aktivnosti obuhvati i aktivnost analize razloga ovakvih dešavanja.

Opšte uzev iz napred navedenog proizilazi da putevi kao jasno definisani prostorni objekti koji imaju svoju funkciju i značaj za društvo imaju uticaj na prirodno okruženje. Taj uticaj je višestruk i može se posmatrati sa raznih aspekata. Ali je činjenica da je bez puteva ta priroda nedostupna i neupotrebljiva za čoveka. U tom međusobnom uticaju treba napraviti balans između zakonskih zahteva u pogledu zaštite prirodnog okruženja puta i svih aspekata značaja tog puta za čoveka i društvo i to u svim koracima počev od projektovanja, preko izgradnje i u fazi eksploatacije.

4. ZAKLJUČAK

U radu su obuhvaćeni i prikazani rezultati uticaja klimatskih i ekstremnih vremenskih uslova na putnu mrežu koju održava AD "Novi Pazar – put".

Ne razmišljajući o tome da li imamo "sreću" da je područje na kom se nalazi naša putna mreža sklono klizanju (zbog potencijalnog obima poslova na sanaciji puteva) ili "nesreću" (jer je veoma teško održavati puteve sa tolikim brojem oštećenja), nameću se sledeći zaključci:

1.Zbog navedenih specifičnosti područja na kom se nalazi, putna mreža AD "Novi Pazar – put" trpi veoma nepovoljne uticaje klimatskih i vremenskih ekstrema. U uslovima registrovanih rezultata tih uticaja (klizišta, oštećenja, snežnih smetova i sl.) nastojimo da svojim aktivnostima smanjimo ili u potpunosti otklonimo njihov uticaj na odvijanje saobraćaja u meri u kojoj to upravljač putevima odobri.

Za situacije očekivanih delovanja vanrednih situacija na nivou preduzeća svake godine u okviru izrade Plana zimske službe radi se i Plan rada za zaštitu od elementarnih i drugih nepogoda za nastupajuću godinu kojim se definišu aktivnosti ljudstva i potrebna dodatna mehanizacija u uslovima vanrednih situacija. Planom su

definisani potrebni stepeni njihove mobilizacije zavisno od situacije na terenu. Pri tome se poseban akcent daje pravilnoj koordinaciji i sinhronizaciji koraka pri delovanju u uslovima vanrednih situacija. Veoma bitan element je i pravilno obaveštavanje o situaciji na terenu jer je to polazni element za planiranje koraka u delovanju.

Do sada se kao pozitivno iskustvo pokazalo evidentiranje podataka o uticajima vanrednih klimatskih i vremenskih situacija na našu putnu mrežu, bilo da se radi o fotodokumentaciji ili o podacima koje smo mi u mogućnosti da izmerimo i pratimo (temperaturu vazduha, visinu snežnih nanosa, brzinu vetra i sl.). Analiza ovih podataka nam je omogućila da se na nivou putne mreže izdvoje "kritična" mesta koja zahtevaju poseban tretman u uslovima vanrednih situacija.

2. Ovo iskustvo iz kontrole stanja u uslovima vanrednih vremenskih i klimatskih situacija nameće i potrebu da se na drugoj strani, na nivou preduzeća koja održavaju državne puteve definišu i prate (bilo numerički ili opisno) parametri koji se odnose na uticaj ljudskih aktivnosti u neposrednoj blizini puteva na stanje putne infrastrukture. U tom cilju treba da se definišu načini sistematizacije tih podataka sa obavezom njihovog prezentovanja na šest meseci ili jednom godišnje upravljaču puteva.

3. Da bi se to realizovalo veoma je bitno da nadzorni organi kao predstavnici upravljača putevima deluju u saradnji sa preduzećem koje održava puteve po pitanju kako zaštite objekata infrastrukture tako i po pitanju zaštite putnog pojasa a i šire ako je to u interesu puta.

Zahvale

Svu zahvalnost dugujem na pomoći kolegama Nerminu Ljajiću, rukovodiocu Redovnog održavanja i Senadu Ibragiću, šefu Signalizacije.

Literatura

- [1] AD "Novi Pazar – put" - *Monografija – 45 godina postojanja AD "Novi Pazar – put"*, 2007.
- [2] AD "Novi Pazar – put" - Izgradnja, rehabilitacija i rekonstrukcija javnih saobraćajnica, 2011.
- [3] AD "Novi Pazar – put" – Pola veka na putevima, 2012.
- [4] AD "Novi Pazar – put" – Prosesi u realizaciji gradilišta, 2013.
- [5] Jugoslovenski naučno – stručni skup: Put i životna sredina, Žabljak 1994.
- [6] Arhiva AD "Novi Pazar – put"
- [7] Elaborat o rezultatima geoistražnih radova sa predlogom sanacije deformisanog kolovoza na državnom putu IB-32, deonica: Ribarići-granica AP K i M (Vitkoviće), u zoni klizišta "IVANOV POTOK" na km: 9+780, Institut za ispitivanje materijala IMS Beograd, Centar za puteve i geotehniku, 2016.
- [8] Geotehnički elaborat za Glavni projekat pojačanog održavanja regionalnog puta R 118a (IIA 203) Novi Pazar – Tutin, Institut za puteve Beograd, 2009.

БУЈИЧНЕ ПОПЛАВЕ КАО ФАКТОР РИЗИКА ЗА ПУТНУ МРЕЖУ СРБИЈЕ

Костадинов Станимир¹, Драгићевић Славољуб², Стефановић Томислав³ и Новковић Иван²

¹Универзитет у Београду Шумарски факултет, ²Универзитет у Београду Географски факултет, ³Институт за шумарство Београд.

Резиме: Бујичне поплаве су елементарна непогода, која се најчешће јавља у Србији. Бујични токови и бујичне поплаве се јављају као последица интензивних процеса ерозије земљишта у сливу. Као резултат природних услова, практично цела територија Србије нападнута је водном ерозијом различитог интензитета. Према подацима из катастару бујица урађених средином XX века, више од 12.000 бујичних токова је регистровано на територији Србије.

Бујичне поплаве се према својим карактеристикама знатно разликују од поплава великих, алувијалних водотока. Њихова појава је нагла, после киша великог интензитета и углавном су кратког трајања, али са врло великим разорним дејством и катастрофалним штетама, а често пута и са људским жртвама. Њиховим дејством настају штете у урбаним зонама, на пољопривредним површинама и велика разарања на индустријским и енергетским објектима и на саобраћајницама (путевима и железницама).

Путна мрежа Србија, поготову у брдско-планинском региону, знатно је угрожена од бујичних поплава јер густа мрежа бујичних токова има велики број укрштања са путевима. Потврда овага је чињеница да на путевима I и II реда у сливу Колубаре дужине 1156 km регистрована су 523 укрштања са бујичним токовима и ту су потенцијални руизи од бујичних поплава.

У овом раду се даје приказ карактеристика бујичних токова и бујичних поплава и ризик од бујичних поплава, као и могућности одбране од њих у Србији.

Кључне речи: путна мрежа, бујични токови, бујичне поплаве, руизи.

TORRENTIAL FLOODS AS A RISK FACTOR TO ROAD NETWORK IN SERBIA

Kostadinov Stanimir¹, Dragičević Slavoljub², Stefanović Tomislav³ i Novković Ivan²

¹University of Belgrade Faculty of Forestry, ²University of Belgrade Faculty of Geography; Institute of Forestry Belgrade

Torrential floods are a natural hazard which is the most common hazard in Serbia. Torrents and torrential floods occur as a consequence of intensive soil erosion processes in a basin. As a consequence of natural conditions, there are water erosions of various intensities almost on the entire territory of Serbia. According to the torrential cadastre data collected in mid XX century, more than 12,000 torrents were registered on Serbian territory.

Torrents are considerably different to floods of great alluvial streams when it comes to their properties. Torrents occur suddenly, after heavy rain, and they usually last for a short period of time but are very destructive causing catastrophic damage, often including casualties. They cause damage in urban areas, agricultural land, to industrial and energy structures, and traffic communications (roads and railways).

Road network in Serbia, particularly in mountainous region, is considerably endangered by torrents since its dense network intersects with roads on many locations. This is confirmed by the fact that there are 523 registered intersections between roads and torrents which are potential torrential flood risks in the Kolubara basin on I and II category roads in the length of 1156 km.

This paper shows the properties of torrents and torrential floods, and possibility of its control in Serbia.

Key words: road network, torrents, torrential floods, risks.

¹ Станимир Костадинов: stanimir.kostadinov@sfb.bg.ac.rs

1.УВОД

Поплава се дефинише као појава изливања великих вода из речног корита, а велика вода је највиши достигнути ниво воде у реци током једног поводња. Оне настају када прилив воде у речно корито премашује капацитет природног ретензирања или инфилтрације, односно када је површински отицај максимално изражен. Поплаве на рекама су у највећем броју случајева природне појаве, али на обим поплава може утицати и антропогени фактор.

Од недавно, управљање ризицима од поплава је обавеза према Директиви 2007/60/ЕК за земље чланице Европске Уније. Како Србија тежи чланству Европске Уније, наша земља усклађује своје законодавство са ЕУ. Имплементација Директиве о поплавама је на самом почетку. Појава поплава може бити изазвана атмосферским (обилне падавине, топљење снежног покривача, ледене бране), геоморфолошким (клизишта и одрони), технолошким (оштећења на бранама) као и узроцима тектонског порекла (цунами) (Гавриловић, 1981). У Директиви о процени и управљању ризицима од поплава Европске Уније (2007/60/ЕК, члан 2.), дата је подела поплава које се дешавају у границама Европске Уније, и то:

- поплаве великих река
- поплаве планинских бујица
- поплаве повремених медитеранских токова
- поплаве у приобалним зонама које долазе са мора.

За наше природне услове релевантна су прва два типа поплава, тј. у нашој земљи важи следећа генетска класификација поплава (Гавриловић, 1981):

- поплаве изазване кишом и отапањем снега
- ледене поплаве
- поплаве услед коинциденције високих вода
- поплаве изазване клижењем земљишта и бујичне поплаве.

Бујични токови и бујичне поплаве су последица интензивних процеса ерозије земљишта у сливовима.

2.МЕТОД И ПРОСТОР ИСТРАЖИВАЊА

За оцену распрострањености и интензитета ерозије земљишта у Србији, али и осталим земљама у региону користи се Метод потенцијала ерозије -ЕРМ (Гавриловић, 1972). Једначина за прорачун средњег годишњег одношења земљишта из слива или ерозионог подручја (продукција наноса) гласи:

$$W_{\text{god}} = T \cdot H_{\text{god}} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3 \cdot F} \quad (1)$$

где је W_{god} - укупни обим годишње ерозије (m^3/god), T - температурни коефицијент, H_{god} - средња годишња висина падавина (m^3/year), Z - коефицијент ерозије који се рачуна према С.Гавриловићу(1972), F - површина слива (km^2).

У циљу уврђивања степена бујичности различитих водотока у сливу Колубаре, приступило се израчунавању предиспонираности неке територије на појаву бујичних поплава. Метод који је коришћен за одређивање ове појаве је *Flash Flood Potential Index* - индекс подложности (предиспонираности) терена за настанак бујичних поплава(FFPI). Структура и текстура земљишта су особине које одређују задржавање и инфилтрацију воде. Нагиб и геометрија слива одређују брзину и концентрацију отицаја. Вегетација и структура крошњи уједначавају доспевање падавинских вода на подлогу. Начин коришћења земљишта, а нарочито урбанизација, имају значајну улогу у инфилтрацији воде, концентрацији и понашању отицања. Заједно, ове донекле статичне одлике, пружају информацију о могућности појаве бујица на одређеном простору (Smith, 2003). Израчунавање FFPI се врши према формули (Smith, 2003):

$$FFPI = \frac{a_1 \cdot M + a_2 \cdot S + a_3 \cdot L + a_4 \cdot V}{\sum_{n=1}^4 a_n}$$

где је M – коефицијент нагиба терена, S – коефицијент типа земљишта, L – коефицијент начина коришћења земљишта, V – коефицијент густине вегетације, а a_n – тежински коефицијенти ових

параметара. Вредности коефицијената параметара се крећу у распону од 1 до 10 (од најмање подложног појави бујица, до најподложнијег). Што се тежинских коефицијената тиче, свим параметрима додељена је вредност 1. То значи да у овом случају формула гласи:

$$FFPI = \frac{M + S + L + V}{4}$$

Коефицијент нагиба терена се рачуна тако што се на основу дигиталног модела висина (DEM) израчуна нагиб терена, изражен у процентима, а затим се примени формула:

$$M = 10^{n/30}$$

где је n – нагиб терена у %. Уколико је $n \geq 30\%$, онда је увек $M = 10$.

Коефицијент типа земљишта се добија тако што се одеђеним типовима земљишта додељују коефицијенти од 1 до 10, на основу њихових одлика које су од значаја за настанак и развој бујичног процеса.

За израчунавање коефицијента начина коришћења земљишта основну су представљале CORINE Land Cover класе, којима су додељиване вредности од 1 до 10, у зависности од карактеристика значајних за настанак и развој бујичног процеса. Коефицијент густине вегетације добијен је анализом мултиспектралних снимака са сателита LANDSAT 8, односно израчунавања BSI (*Bare Soil Index*) индекса за истраживани простор, који се рачуна по формули:

$$BSI = \frac{(SWIR+R)-(NIR+B)}{(SWIR+R)+(NIR+B)} + 1$$

где је SWIR – вредност на спектралном каналу из краткоталасног инфрацрвеног дела спектра, NIR – вредност на спектралном каналу из блиског инфрацрвеног дела спектра, R – вредност на спектралном каналу у из црвеног дела спектра, а B – вредност на спектралном каналу из плавог дела спектра електромагнетног зрачења. С обзиром на то да се вредности коефицијента густине вегетације крећу у распону од 1 до 10, одређена је зависност између вредности BSI и коефицијента густине вегетације и добијена је формула:

$$V = 6,597 \cdot \ln(BSI) + 7,118$$

Затим је на основу анализе добијених вредности FFPI извршена класификација резултата на четири класе, сходно степену подложности бујицама. Добијени резултати показују могућност настанка, односно предиспонираности терена за настанак бујица, при одговарајућим природним условима. На основу овога анализиран је просторни распоред вредности FFPI у сливу, да би на основу њега, одлика самих водотока и укупне закривљености простора, била извршена класификација водотока који угрожавају саобраћајнице на 4 класе, које представљају могућност појаве бујичних поплава на њима под одговарајућим условима.

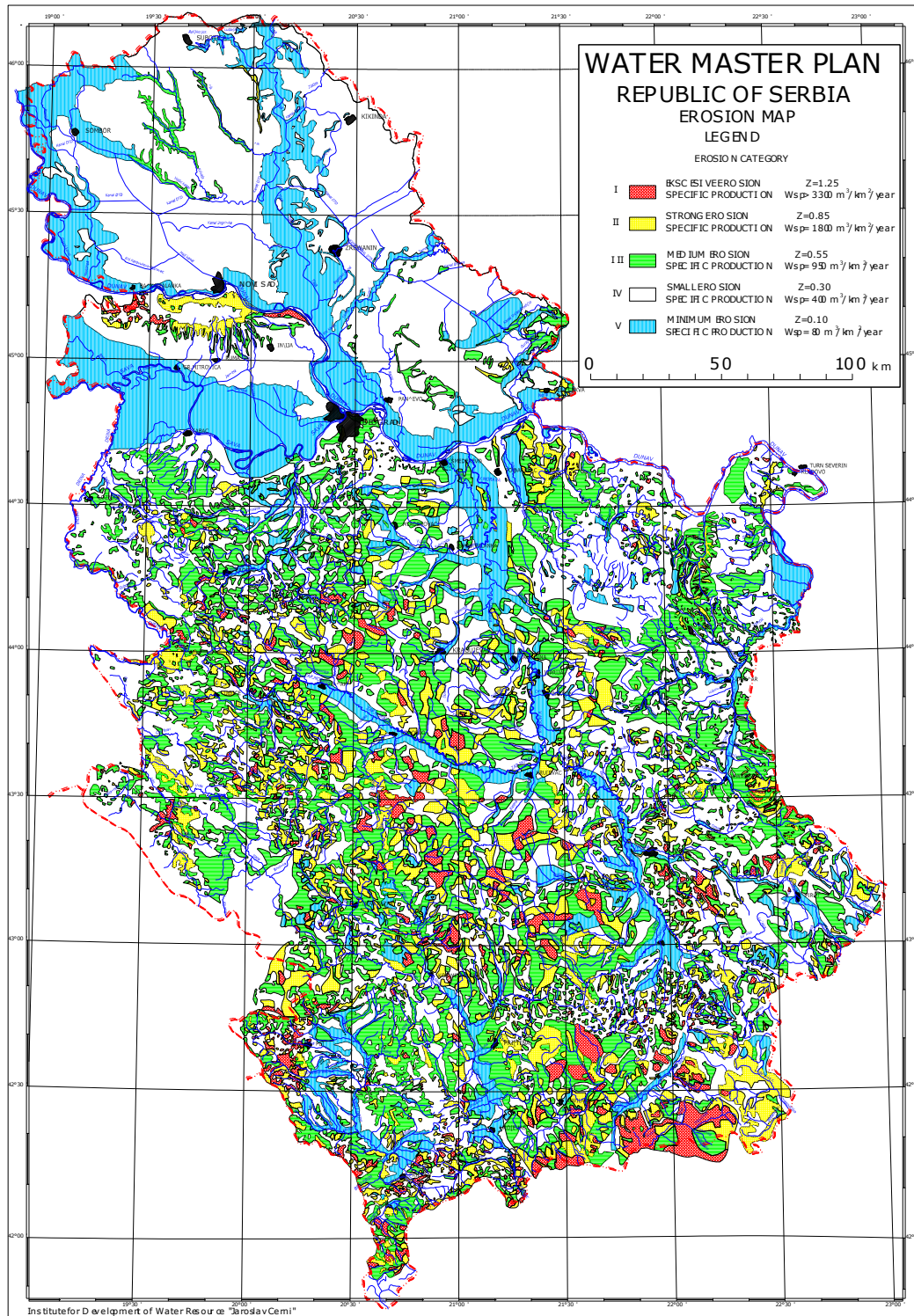
3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Ерозија и бујичне поплаве

Као резултат природних услова и антропогених чинилаца водна ерозија различитог интензитета је распрострањена практично по целој територији Србије. (Табела 1)

На основу вредности коефицијента ерозије имамо пет категорија ерозије и то : I - ексцесивна (врло јака ерозија), II- јака ерозија, III-средња ерозија, IV -слаба ерозија и V- врло слаба ерозија. На основу карте ерозије уочавамо да прве три категорије ерозије захватају око 35% територије Србије, углавном у брдско-планинском региону Србије.

Као посебан тип поплава на водотоцима, издвајају се бујичне поплаве. Њихова појава је везана за бујичне водотоке, чија је основна карактеристика специфичан хидролошки и псамолошки режим (режим наноса). Бујични токови и бујичне поплаве су последица интензивних ерозионих процеса у сливонима.



Слика 1.Карта ерозије Србије

Табела 1. Распрострањеност водне ерозије у Србији

Ред. бр.	Регион	Површина km ²	Категорија ерозије				
			I km ²	II km ²	III km ²	IV km ²	V km ²
1	Војводина	21.506	48	336	947	15.193	4.982
2	Западна Србија	14.902	578	2.149	4.870	5.394	1.911
3	Централна Србија	11.180	110	1.407	2.935	4.504	2.224
4	Источна Србија	15.009	629	1.789	4.448	6.840	1.303
5	Јужна Србија	14.877	1.050	2.060	3.132	7.403	1.232
6	Средишња Србија + Војводина	77.474	2.415	7.741	16.332	39.334	11.652
7	Косово и Метохија	10.887	473	1.426	2.972	4.711	1.305
8	УКУПНО Србија	88.361	2.888	9.138	19.386	43.914	13.035
	%	100	3,26	10,34	21,94	49,71	14,75

Извор: (Водопривредна основа Републике Србије)

Као посебан тип поплава на водотоцима, издвајају се бујичне поплаве. Њихова појава је везана за бујичне водотоке, чија је основна карактеристика специфичан хидролошки и псамолошки режим (режим наноса). Бујични токови и бујичне поплаве су последица интензивних ерозионих процеса у сливовима.

На територији Србије, јужно од Саве и Дунава према катастрима бујичних токова рађених педесетих и шездесетих година XX века, регистровано преко 12.000 бујичних токова (без Војводине). На основу најновијих истраживања, у периоду 1915-2013. година, на територији Србије је регистровано 848 догађаја великих бујичних поплава у којима је живот изгубило више од 133 људи (Петровић А., 2014).

То значи да је практично угрожена цела Србија, јужно од Саве и Дунава (брдско-планински део Србије). Ипак, треба истаћи да су поред градова Крагујевца, Јагодине, Љубовије, Пирота, Грделице и Вла-сотинца најугроженија подручја: Грделичка клисура и Врањска котлина, слив реке Нишаве, Ибарска клисура, слив Тимока, слив реке Јадар, слив реке Колубаре, слив Дрине узводно од Лознице, сливови Млаве и Пека, слив Биначке Мораве на Косову и Метохији. У наведеним подручјима су главне саобраћајнице коридора 10 у источној и југоисточној Србији (према Софији и Турској и на југ према Солуну и Атини), коридора 11 уз Ибар, као и регионалне саобраћајнице уз Ибар и Дрину.

3.2. Угроженост путева од бујичних поплава

Угроженост путева од бујичних поплава биће приказана на примеру путева у сливу реке Колубаре. Поплаве у сливу Колубаре нису ништа ново, оне су на овој територији присутне од периода насељавања простора, последњих деценија све су чешће, а њихове последице по становништво и материјална добра све израженије. Најчешће су поплаве Колубаре, али и њених великих притока: Тамнаве, Љига и Обнице. Осим поплава насталих изливањем реке Колубаре, бројни су и примери бујичних поплава, односно изливања притока реке Колубаре. Управо овакве поплаве и доводе до бројних проблема, јер су оне генератор бројних последица, па и самог изливања реке Колубаре. Прва забележена велика бујична поплава у сливу Колубаре односи се на поплаве на рекама Љубостињи, Градцу, Кривишији, горњој Колубари 18. априла 1929. године.

Током периода 1929-2010. година, на основу података из Инвентара бујичних поплава на територији Србије, у сливу Колубаре се догодила 121 забележена бујична поплава (Petrovic et al. 2015).

Табела 2. Дистрибуција регистрованих бујичних поплава у сливу Колубаре по периодима

Временски период	Број догађаја	Просечно (годишње)	Број настрадалих
1929-1960	32	1	
1961-1990	46	1.5	1
1991-2010	43	2.2	

Извор: (Petrovic et al., 2015)

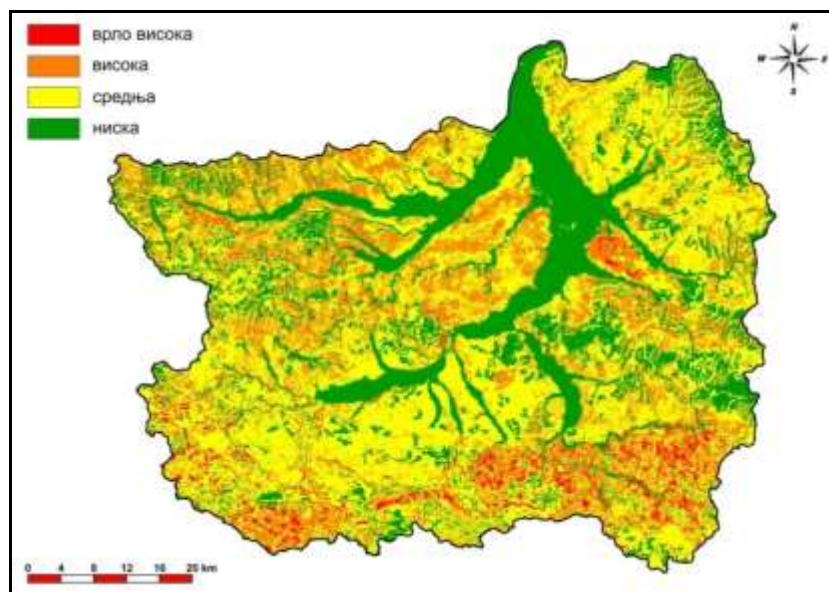
Табела 3. Категорије ерозије и коефицијент ерозије (Z) за подручје слива реке Колубаре

Категорија ерозије	km ²	%
Екседивна ерозија	0.07	0.002
Јака ерозија	91.80	2.52
Средња ерозија	1465.77	40.29
Слаба ерозија	948.59	26.07
Врло слаба ерозија	1132.21	31.12
Укупно	3638.44	100.00

$Z_{sr} = 0,35$

Извор: (Драгићевић, С., et al, 2015)

Заступљеност ексцесивне (I) и јаке (II) категорије ерозије је мала, иако је присутна на стрмијим деловима слива, али су најзаступљеније површине захваћене процесима средње (III), слабе (IV) и врло слабе (V) категорије ерозије. Овакво стање умногоме објашњава честу појаву поплава на територији слива Колубаре, односно карактеристике површинског отицаја. (Костадинов,С., et al, 2017)



Слика 2. Подложност (предиспонираност) терена за настанак бујица у сливу Колубаре

Након класификације добијених вредности FFPI утврђено је да је класа врло високе подложности заступљена на 83,22 km², односно на 2,29% површине слива реке Колубаре, а високе на 816,37 km², што представља 22,44% његове укупне површине. Ово нам показује да је 25% слива Колубаре веома подложно настанку бијица и овај податак треба озбиљно узети у разматрање. Класа средње подложности заузима 49,92%, а ниске 26,36% укупне површине слива (Костадинов,С., et al, 2017).

Анализом добијених резултата закључује се да су бујицама у сливу Колубаре најподложнији слив реке Љиг. Површине најподложније бујицама у сливу Љига су оне на теренима већих нагиба, где је земљиште лошије структуре (дистрични камбисол, ранкер и литосол на флишу, еутрични камбисол, итд.), а некада бујна шумска вегетација искрчена и замењена насељима и пољопривредним површинама, на којима се у већини случајева не примењују адекватне агротехничке мере.

Видимо да је око 25% од површине слива Колубаре под високим и врло високим ризиком од бујичних поплава. Није било могуће да се прикаже колика дужина путева је угрожена бујичним поплавама. Укупна дужина путева I и II реда у сливу Колубаре је 1.156 km. Због тога је то приказано по површини на картама подложности бујичним поплавама, а на други начин приказане су локације укрштања путева I и II реда и

бујичних токова и класа угрожености од бујичних поплава на тим локацијама. Укупно су приказане 523 локације са следећим класама угрожености (према вредности FFPI индекса):

- врло висока угроженост 24 (4,59%) локација укрштања
- висока угроженост 280 (53,54%) локација
- средња угроженост 190 (36,33%) локација
- ниска угроженост 29 (5,54%) локација.

Према томе ако се гледа по броју локација пропусти око 58% локација припадају класама висока и врло висока. Таква је слика гледано са аспекта природних услова за појаву бујичних поплава које би угрозиле путеве. Када се ризику од природе дода ризик који је изазвао човек својим чињењем или нечињењем (засутост пропусти, обраслост вегетацијом и др. ризик од бујичних поплава се повећава. При садашњем стању пропусти и мањи протицаји бујичних токова, односно и мањи поплавни таласи не би могли да се евакуишу преко пропусти већ би преплавили пут и код јачег наилска поплавног таласа шропуст би вероватно био оштећен, пут прекинут и слично.

3.3. Радови и мере за контролу водне ерозије

Због карактеристика бујичних токова и бујичних поплава једини прави начин, уједно и економичан, за одбрану од бујичних поплава је превенција. Превенција се састоји у перманентној контроли ерозионих и бујичних процеса у сливу, а то се постиже интегралним уређењем слива. (Костадинов,С., 2008).

Извршењем противерозионих радова (биолошки, биотехнички и технички) би се отклониле садашње и будуће штете од ерозије земљишта и доспевање наноса у хидрографску мрежу, а истовремено би се знатно променили хидролошки услови у сливу. То значи да би се тиме смањила могућност нагле концентрације вода, што би изазвало смањење количине и брзина директног отицања са падина. Последица би била знатно смањење шпигева поплавних таласа и тиме би се умањио ризик од бујичних поплава. Наравно од тога би произашли и други корисни ефекти противерозионих радова и интегралног уређења слива, као: смањење продукције и транспорта ерозионог наноса, што је у функцији заштите водних акумулација од засипања наносом. Површине које су пошумљене, затрављене или под дугогодишњим пољопривредним културама давале би одређену биљну производњу, уместо бујичних поплава режим отицања из слива би се уравнотежио и имали би више такозване корисне воде за водоснабдевање, наводњавање, индустрију, рекреацију и т.д. У циљу обезбеђења добрих услова за успешну реализацију радова на контроли ерозионих и бујичних процеса у Србији треба обезбедити и следеће услове:

1. Координација радова у пољопривреди и шумарству и управљање и експлоатација земљишта, шума и вода у брдско-планинском подручју, треба да се одвија у јединственој сарадњи и духу постављеног плана интегралног уређења ових подручја.

2. Надлежне скупштине општина у Србији треба да усвоје два значајна плана: План за проглашење ерозионих подручја и Оперативни план одбране од бујичних поплава за своје територије чиме ће бити обухваћени бујични сливови који угрожавају околину бујичним поплавама. После усвајање такве одлуке, у локалном парламенту, сви власници земљишта морају да газдују њиме у смислу најбоље праксе управљања земљиштем, са циљем заштите од ерозије. Такође, том одлуком ће се прописати и одређене мере забране које морају да се поштују. Израду ових планова треба да раде стручни тимови састављени од сручњака образованих за заштиту од ерозије и уређење бујичних сливова.

Протиерозиони радови могу се сврстати у три групе: биолошки, биотехнички и технички радови. Биолошки радови обухватају: пошумљавање и затрављивање голети, а на падинама са блажим падом успостаљање воћњака на терасама.. Пошумљавање голети и еродираних површина се врши: лишћарима, четинарима и садњом жбунастих врста. Затрављивање се изводи смешом трава које повећавају отпорност земљишта на ерозију, а такође умањују брзину сливања низ падине. Траве се користе често у систему контурно-појасне обраде (*Contour Strips System*) на стрмим падинама.

Биотехнички радови имају задатак да на голим и стрмим падинама створе стабилне услове, подлогу, за развој биљака (шумских или пољопривредних) како би се што пре успоставила вегетација и тако заштитило земљиште од ерозије.

Технички радови служе за непосредну заштиту од бујичних поплава и за задржавање бујичних наноса, као и за спречавање даље ерозије и продубљивање корита бујичних токова. Обухватају изградњу подужних и попречних грађевина за уређење бујичних корита (канала, регулација, преграда, консолидационих појасева и др.). У ову групу радова спадају и изградња ретензија-и малих акумулација.

4. ЗАКЉУЧАК

Природне карактеристике и антропогени услови у Србији створиле су услове за развој процеса водне ерозије и као последице тога за честу појаву бујичних поплава. Према класификацији С.Гавриловића (1972) експонентна (I), јака (II) и средња (III) категорија ерозије захватају око 35% територије Републике Србије. Као резултат тога у Србији је регистровано преко 12.000 бујичних токова, који често изазивају бујичне поплаве са великим материјалним штетатама на насељима, индустријским и другим објектима и на путној мрежи.

Истраживања у сливу Колубаре обухватила су поред осталог и угроженост путне мреже (путеви I и II реда) од бујичних поплава. Након класификације добијених вредности коефицијента FFPI (индекс индекс подложности терена за настанак бујичних поплава) утврђено је да је класа врло високе угрожености заступљена на 83,22 km², односно на 2,29% површине слива реке Колубаре, а високе на 816,37 km², што представља 22,44% његове укупне површине. Ово нам показује да је 25% слива Колубаре веома подложно настанку бујичних поплава и овај податак треба озбиљно узети у разматрање. Класа средње подложности заузима 49,92%, а ниске 26,36% укупне површине слива.

Имајући у виду да се последњих деценија у Србији кишне падавине све чешће излучују у виду интензивних киша краћег трајања (због климатских промена), затим природне карактеристике слива, може се закључити да у Србији постоји реална угроженост од бујичних поплава која ће се стално повећавати, тим пре што се врло лоше одржава пропусна моћ пропуса и мостова.

Због карактеристика бујичних токова и бујичних поплава једини прави начин, уједно и економичан, за одбрану од бујичних поплава је превенција. Превенција се састоји у перманентној контроли ерозионих и бујичних процеса у сливу, а то се постиже интегралним уређењем слива применом противерозионих ерозионих радова.

Захвала

Овај рад је део пројекта "Истраживање утицаја климатских промена на животну средину: утицај, мониторинг, адаптација и ублажавање." (43007), подпројекат бр.9: „Учесталост бујичних поплава, деградација земљишта и вода као последица глобалних промена“, финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, као део програма Интегралних интердисциплинарних истраживања, за период од 2011 до 2017.

Литература

- [1] Гавриловић Љ. (1981): *Поплаве у СР Србији у XX веку – узроци и последице*. Посебна издања СГД-а, бр. 52, Београд
- [2] Гавриловић С. (1972): *Инжењеринг о бујичним токовима и ерозији*. Часопис "Изградња", Београд.
- [3] Драгићевић С., Филиповић Д., Костадинов С., Николић Ј., Стојановић Б. (2009): *Заштита од природних непогода и технолошких удеса*. Стратегија просторног развоја Републике Србије, тематска свеска. Географски факултет у Београд.
- [4] Dragičević, S., Ristić, R., Živković, N., Kostadinov, S., Tošić, R., Novković, I., Borisavljević, A., Radić, Z. (2013): *Floods in Serbia in 2010 – Case Study: The Kolubara and Pcinja River Basins. Geomorphological impacts of extreme weather: Case studies from central and eastern Europe*, D. Loczy (ed.), Springer Geography, pp. 155-170.

- [5] Драгићевић С., Живковић Н., Роксандић М., Луковић Ј., Костадинов С., 2015: *Рецентно стање, интензитет и последице деградације обала Колубаре на територији општине Обреновац*. Географски факултет, Београд, стр. 1-266.
- [6] Драгићевић С., Филиповић Д. (2016): *Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора*. Географски факултет у Београду, стр. 1-298.
- [7] Костадинов, С., Златић, М., Драговић, Н. (2006): Усклађивање водопривредних циљева са интересима осталих привредних грана у области заштите од ерозије и бујица. Часопис "Вода и санитарна техника", стр. 29-38, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, ISSN 0350-5049, Београд.
- [8] Костадинов, С. (2008) *Бујични токови и ерозија*. Шумарски факултет, Београд.
- [9] Kostadinov, S. (2010): *Forests in Serbia as the factor of Soil and Water Protection Against Degradation in the Conditions of Global Climate Change, Monograph »Global Environmental Change: Challenges to Science and Society in Southeastern Europe“*. Editors: Vesselin Alexandrov · Martin Felix Gajdusek · C. Gregory Knight · Antoaneta Yotova , Springer Science+Business Media B.V. 2010, p.p.177-190
- [10] Kostadinov, S., Zlatić, M., Dragičević, S., Novković I., Košanin, O., Borisavljević, A., Lakićević, M., Mlađan, D. (2014): Antropogenic Influence on Erosion Intensity Changes in Rasina River Watershed Area upstream from "Čelije" Water Reservoir-Central Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1a), 254-263.
- [11] Костадинов, С., et al. (2017): *Студија угрожености путева I и II реда од појаве поплаве и бујичних токова у сливу Колубаре*. Институт за шумарство, Београд.
- [12] Млађан Д. (2015): *Безбедност у ванредним ситуацијама*. Криминалистичко-полицијска академија, Београд.
- [13] Петковић С., Костадинов С. (2008): *Савремени приступ управљању ризицима од природних непогода*. Резултати међународног пројекта "RIMADIMA", Шумарски факултет, Београд.
- [14] Петровић А. (2014): *Фактори настанка бујичних поплава у Србији*. Докторска дисертација, Шумарски факултет, Београд.
- [15] Petrović A, Kostadinov S, Dragičević S (2014) The inventory and characterisation of torrential flood phenomenon in Serbia. *Polish journal of environmental studies* 23(3): 823-830
- [16] Petrović A, Dragičević S, Radić BP, et al. (2015) Historical torrential flood events in the Kolubara river basin. *Natural Hazards* 79(1): 537–547. DOI: 10.1007/s11069-015-1860-1
- [17] Smith G. (2003): *Flash Flood Potential: Determining the Hydrologic Response of FFMP Basins to Heavy Rain by Analyzing Their Physiographic Characteristics*. NWS Colorado Basin River Forecast Center, Salt Lake City.
- [18] European Parliament & Council. (2007) *Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks*.
- [19] Институт за водопривреду Јарослав Черни & Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду. (2001) *Водопривредна основа*.

REAMBULACIJA VELIKIH VODA U SLIVU REKE KOLUBARE DUŽ TRASE AUTOPUTA „E-763 BEOGRAD - JUŽNI JADRAN“ NAKON POPLAVE MAJA 2014. GODINE

Prof. dr Stevan Prohaska¹, dr Milan Stojković¹, Aleksandra Ilić²

¹ Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" u Beogradu,
stevan.prohaska@jcerni.co.rs, milan.stojkovic@jcerni.co.rs

² Građevinsko – arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu,
aleksandra.ilic@gaf.ni.ac.rs

Rezime: Hidrološke podloge za potrebe izrade Projekata trase autoputa „E-763 Beograd- Južni Jadran“ duž sliva reke Kolubare uradio je Institut za puteve pre 2008. godine na bazi raspoloživih hidrometeoroloških podata u tom trenutku. U međuvremenu, u maju 2014. godine, u slivu reke Kolubare se pojavila katastrofalna poplava, do tada ne zabeležena, koja je, između ostalog, u značajnoj meri zahvatila i poplavila prostor budućeg projektovanog autoputa. Na taj način doveden je u pitanje i stvarni rizik od poplave projektovanog autoputa.

Zadatak ovog rada je da izvrši reambulaciju hidroloških proračuna velikih voda reke Kolubare u zoni presečenih vodotokova duž trase autoputa „E-763 Beograd- Južni Jadran“, a u uslovima pojave katastrofalne poplave iz maja 2014. godine. Nakon izvršene reambulacije vrši se uporedna analiza ovih rezultata sa rezultatima iz hidrološke studije, koja je korišćena kao podloga za izradu projekta autoputa. Na osnovu ovih analiza ocenjuje se pouzdanost prethodnih hidroloških proračuna u ovim uslovima i daju odgovarajući komentari o riziku mogućeg eventualnog plavljenja projektovane trasa autoputa.

Ključne reči: velike vode, poplava, autoput, rizik od poplava, plavljenje autoputa

DESIGN FLOOD WAVES UPDATE ALONG THE HIGHWAY E-763 "BELGRADE – SOUTH ADRIATIC" IN THE KOLUBARA RIVER BASIN AFTER FLOODING IN MAY 2014

Prof. Dr Stevan Prohaska¹, Dr Milan Stojković¹, Aleksandra Ilić²

¹ Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi", Belgrade,
stevan.prohaska@jcerni.co.rs, milan.stojkovic@jcerni.co.rs

² Faculty of Civil Engineering and Architecture, Niš,
aleksandra.ilic@gaf.ni.ac.rs

Abstract: Hydrological studies for the projects of highway E-763 "Belgrade-South Adriatic" along the river Kolubara were done by the Highway Institute before 2008 on the basis of available hydrologic and meteorological data at that moment. Meanwhile, in May 2014, in the Kolubara river basin disastrous floods appeared, previously not recorded, which, among other things, significantly affected the space of future highway. In this way the actual risk of projected highway flooding has been brought into question.

The aim of this paper is to update design flood waves of the Kolubara River in the zone of interceptions of watercourses along the route of highway in terms of catastrophic floods in May 2014. After an update a comparative analysis of these results and results from the hydrological studies, which are used as a basis of the highway project, were done. On the basis of this analysis, the reliability of the previous hydrological calculation in these conditions is estimated and appropriate comments on possible risk of flooding of the route of designed highway are provided.

Keywords: flood waves, flooding, highway, risk of flooding, highway flooding

1. UVODNE NAPOMENE

U suštini, predmet ovog rada je uporedna analiza merodavnih velikih voda korišćenih pri izradi projektne dokumentacije „Projekta autoputa E-763 Beograd – Južni Jadran“, i to deonice 5, od km 53+140 do km 77+050, od Lajkovca do Ljiga, na dužini od 25 km, sa merodavnim velikom vodama na najbližim oficijelnim hidrološkim stanicama RHMZ Srbije, obrađenim u sklopu izrade [1]. Kao što je poznato projektna dokumentacija za autoput E-763 urađena je znatno pre pojave katastrofalne poplave u maju 2014. godine u slivu reke Kolubare. To praktično znači da projektna dokumentacija za predmetni autoput nije mogla uzeti u proračun izuzetno visoke protoke koji su se formirali u slivu reke Kolubare takom 2014. godine, pa s tim u vezi postavlja se pitanje pouzdanosti vernosti velikih voda koju su korišćene kao merodavne pri izradi projektne dokumentacije.

Poplava iz maja 2014. godine u velikoj meri je promenila stav svih hidrologa prema dosadašnjim obradama velikih voda u slivu reke Kolubare. Naime, poplava iz maja 2014. godine je po mnogim parametrima prevazišla sve do sada registrovane ekstreme, kako sa gledišta vršnih maksimalnih proticaja tako i sa stanovišta zapremina poplavnih talasa. Registrovani brojni „statistički izuzeci“, po raznim parametrima, samo ukazuju da se i metodologija proračuna velikih voda mora znatno promeniti i usaglasiti sa novo nastalom situacijom na terenu. Katastrofalna kiše koja je izazvala poplavu u maju 2014. godine je bila relativno umerenog intenziteta ali je dugo neprekidno padala, što je imalo za posledicu homogenu raspodelu ukupnih kiša po celom slivu reke Kolubare. Posledica toga da su se skoro na svim stanicama pojavio „prost“ hidrogram velike vode sa jasno izraženi „pravilnim-školskim“ oblikom hidrograma, sa jasno definisanim fazama pada i porasta hidrograma i pojavom špica poplavnog talasa.

Veoma pravilni osmotreni hidrogrami poplavnog talasa iz maja 2014. godine su opredelili autore ovoga rada da teorijske hidrograme velikih voda definišu pomoću metode „graničnog intenziteta oticaja“ (GIO). Parametri metode tarirani su na teorijske krive raspodela verovatnoća maksimalnih godišnjih proticaja i maksimalnih godišnjih zapremina, a parametri oblika hidrograma su određeni na bazi hidrološko-hidraulički konstruisanih hidrograma poplavnog talasa iz maja 2014. godine. Kod svih razmatranih vremenskih serija, gde su identifikovani „statistički izuzeci“, primenjeni su odgovarajući postupci pri proračunu njihovih teorijskih vrednosti određenih verovatnoća pojave.

U tekstu koji sledi dat je detaljni prikaz definisanja teorijskih (merodavnih) hidrograma velikih voda po metodi GIO, zatim su dati rezultati uporedne analize usvojenih merodavnih voda iz projektne dokumentacije autoputa E-763 i odgovarajuće vrednosti iz studije unapređenja zaštite po metodi GIO, kao i na moguće reperkusije na autoput, odnosno njegovo neželjeno plavljenje i stepen rizika od plavljenja, koje se može očekivati u uslovima nailaska sličnih katastrofalnih poplava u slivu reke Kolubare.

2. METODOLOGIJA PRORAČUNA TEORIJSKIH HIDROGRAMA VELIKIH VODA

2.1. Proračun funkcija raspodele osnovnih parametara hidrograma velikih voda u uslovima pojave „statističkih izuzetaka“

Funkcije raspodele parametara velikih voda kao što su maksimalna ordinata (pik) i zapremina hidrograma ocenjene su primenom statističkih analiza koje obuhvataju proširenje vremenskih serija osmotrenih godišnjih maksimuma proticaja, određivanje gornjih i donjih statističkih izuzetaka, promena položaja empirijske funkcija raspodela gornjih statistički izuzetaka, primena mešovitih funkcija raspodela za ocenu kvantila velikih voda i primenom minimalne standardne greške prilagođavanja.

Bitno poglavlje prilikom ocene velikih voda predstavlja određivanje gornjih i donjih statističkih izuzetaka. Odstranjivanjem gornjih statističkih izuzetaka vodi ka potcenjivanju kvantila velikih voda, dok korišćenje hidroloških podataka koji sadrže statističke izuzetke vodi ka njihovom precenjivanju. Za razliku od njih, donji statistički izuzeci ili izrazito male vrednosti godišnjih proticaja nisu relevantne za statističku ocenu poplava velikih povratnih perioda. Iz tog razloga neophodno je identifikovati gornje i donje statističke izuzetke što se sprovodi korišćenjem Rosner testa za ocenu potencijalnih gornjih statističkih izuzetaka, dok se identifikacija

potencijalnih donjih izuzetaka sprovodi korišćenjem Multiple Grubbs-Beck (MGB) testa. Statistički značajni donji izuzeci se zatim uklanjaju iz razmatrane vremenske serije.

Položaj empirijske raspodele maksimalnih godišnjih proticaja i zapremina predstavlja neparametarsko sredstvo za određivanje uzoračke kumulativne verovatnoće i služi kako bi se ocenila njihova verovatnoća prevazilaženja. Za određivanje položaja empirijske raspodele istorijskih poplava postoje brojne formule (npr. formula Aleksejeva, Weibula, Hazena).

Za ocenu kvantila proticaja velikih povratnih perioda koristi se pristup baziran na dugogodišnjem osmatranju ekstremnih godišnjih proticaja. Ukoliko se sa X_i označi jedna osmotrena vrednosti maksimalnih godišnjih proticaja za period $i=1,2,\dots,n$, a zatim X_i posmatra kao slučajna serija, tada se može funkcija kumulativne gustine raspodele $F(x)$ predstaviti na sledeći način:

$$F(x) = P[X \leq x] \quad (1)$$

gde P označava verovatnoću da će događaj X biti manji ili jednak zadatoj vrednosti događaja x .

Kako se u seriji osmotrenih godišnjih ekstrema nalaze izuzetno velike vrednosti koje višestruko nadmašuju prethodne osmotrene vrednosti („statistički izuzeci“) koriste se mešovite funkcije raspodele koje predstavljaju nepristrasno sredstvo za ocenu velikih voda. Tačnije, mešovite raspodele koriste se za modeliranje uzoraka dve populacije istog uzorka:

$$F(x) = pF_1(x) + (1-p)F_2(x) \quad (2)$$

gde je $F(x)$ mešovita raspodela dve populacije, $F_1(x)$ i $F_2(x)$ i predstavljaju kumulativne verovatnoće godišnjih serija proticaja sa i bez „statističkih izuzetaka“ dok p predstavlja verovatnoću pojave seta podataka sa gornjim statističkim izuzecima [7].

Za izbor teorijske raspodele koja se najbolje prilagođava raspodeli iz uzorka ekstremnih godišnjih proticaja bira se minimalna standardna greška prilagođavanja. Tako se magnitude registrovanih godišnjih pikova upoređuju sa korespondentnim vrednostima teorijskih raspodela, a kao najbolja teorijska raspodela bira se ona sa najboljim slaganjem. Ovom prilikom koriste se teorijske raspodele Log Normal, EV type 1 (Gumbel raspodela), GEV, Pearson type 3 i Log Pearson type 3.

2.2. Proračun teorijskih hidrograma velikih voda

2.2.1. Osnovne postavke metode “graničnog intenziteta oticaja”

Za proračun teorijskih hidrograma velikih voda na profile vodomernih stanica odabrana je metoda “graničnog intenziteta oticaja” [3]. Prema teoriji graničnog intenziteta oticaja maksimalni proticaj verovatnoće pojave p se računa po formuli:

$$Q_{max,p} = 16.67 \cdot \bar{i}_{max,p}(\tau) \cdot \varphi \cdot F \quad (3)$$

gde su:

$Q_{max,p}$ – maksimalni proticaj verovatnoće pojave p ;

$\bar{i}_{max,p}(\tau)$ – maksimalni srednji intenzitet kiše za računsko trajanje kiše $t = \tau$;

φ – zbirni koeficijent oticaja;

F – površina sliva;

τ – vreme koncentracije.

Vreme koncentracije određuje na osnovu poznate serija maksimalnih proticaja Q po formuli:

$$\tau = \frac{16.67K * L}{a \cdot I^{1/3} \cdot Q^{1/4}} \quad (4)$$

gde su:

L – dužina glavnog toka u km;

l – srednji uravnati pad toka u promilima;

Q_{max} – maksimalni proticaj u m³/s;

Za definisanje oblika teorijskih hidrograma velikih voda koristi se Gudričev zakon raspodele u vidu:

$$Q_{p,i} = Q_{max,p} \cdot 10^{-a \frac{1-X_i}{X_i}} \quad (5)$$

gde su:

$X_i = \frac{t_i}{T_p}$ – relativna apscisa hidrograma

T_p – uslovno trajanje porasta hidrograma

$$T_p = B_p \frac{0.278 \cdot \lambda^* \cdot h_p}{q_{max,p}} \quad (6)$$

a – parametar koji zavisi od koeficijenta forme hidrograma λ^* , odnosno od koeficijenta nesimetričnosti hidrograma – K_s , tj:

$$a = f(\lambda^*) \quad (7)$$

$$\lambda^* = f(K_s) \quad (8)$$

$$K_s = \frac{W_{por}}{W_p} \quad (9)$$

B_p - parametar oblika hidrograma u funkciji verovatnoće pojave p ,

W_{por} – zapremina talasa u periodu porasta hidrograma.

Međusobne zavisnosti navedenih parametara a , λ^* i K_s mogu se naći u literaturi [4]. Detaljniji uvid u metodu „graničnog intenziteta oticaja“ (GIO) možete naći u literaturi [2], [5], [6].

3. REZULTATI PRORAČUNA TEORIJSKIH HIDROGRAMA VELIKIH VODA PO METODI „GRANIČNOG INTENZITETA OTICAJA“

U cilju ilustracije primene metode “graničnog intenziteta oticaja”, u tekstu koji sledi, prikazuju se rezultati proračuna teorijskih hidrograma različitih verovatnoća pojave reke Kolubare u profilu hidrološke stanice Slovac, kao i reke Ljig u profile hidrološke stanice Bogovođa. U konkretnom slučaju za tariranje parametara metode “graničnog intenziteta oticaja” iskorišćen je rekonstruisani hidrogram poplavnog talasa iz maja 2014. godine, koji je urađen pomioću hidrološkog modela HEC-HMS [8]. Naime, kao što je u uvodnom delu ovoga rada rečeno, katastrofalna kiša koja je izazvala poplavu u maju 2014. godine je bila relativno umerenog intenziteta, ali je dugo neprekidno padala, što je imalo za posledicu formiranje poplavnog talasa sa jasno izraženi “pravilnim-školskim” oblikom hidrograma, sa jasno definisanim fazama pada i porasta hidrograma i pojavom špica poplavnog talasa skoro na svim hidrološkim stanicama u slivu reke Kolubare, pa i u profililima vodomernih stanica Slovac i Bogovođa. Svi ostali registrovani istorijski hidrogrami velikih voda nemaju tako pravilan oblik i nisu mogli biti adekvatno iskorišćeni za tariranje parametara primenjene metode.

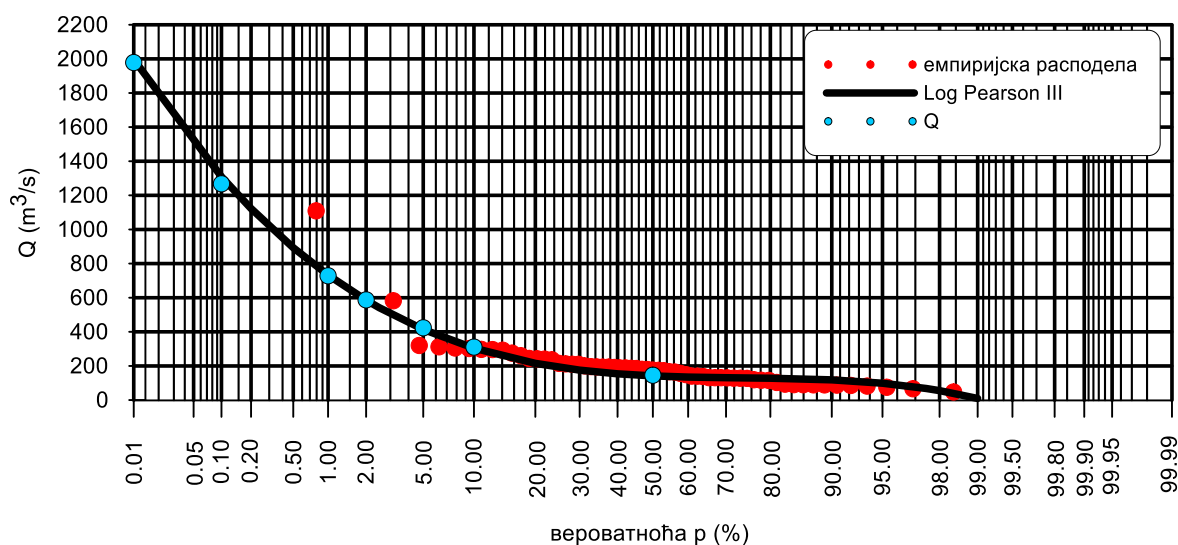
Kao prvo, sračunate su teorijske funkcije raspodele osnovnih parametara hidrograma velikih voda: maksimalne ordinate hidrograma (pika) i maksimalne zapremine poplavnog talasa. U vezi sa ovim korišćena je gore prikazana procedura sa uključivanjem „statističkih izuzetaka“. Rezultati tih proračuna za Log Pirson III funkciju raspodele prikazani su numerički u tabelama 1 i 2. Grafičke predstave rezultata proračuna prikazane su: za h.s. Slovac na slikama 1 (za maksimalne proticaje) i 2 (za maksimalne zapremine), a za h.s. Bogovođa na slikama 3 (za maksimalne proticaje) i 4 (za maksimalne zapremine).

Tabela 1. Prikaz rezultata proračuna verovatnoće pojave maksimalnih godišnjih zapremina poplavnih talasa na reci Kolubari u razmatranim profilima hidroloških stanica – $Q_{max,p}$ (m^3/s)

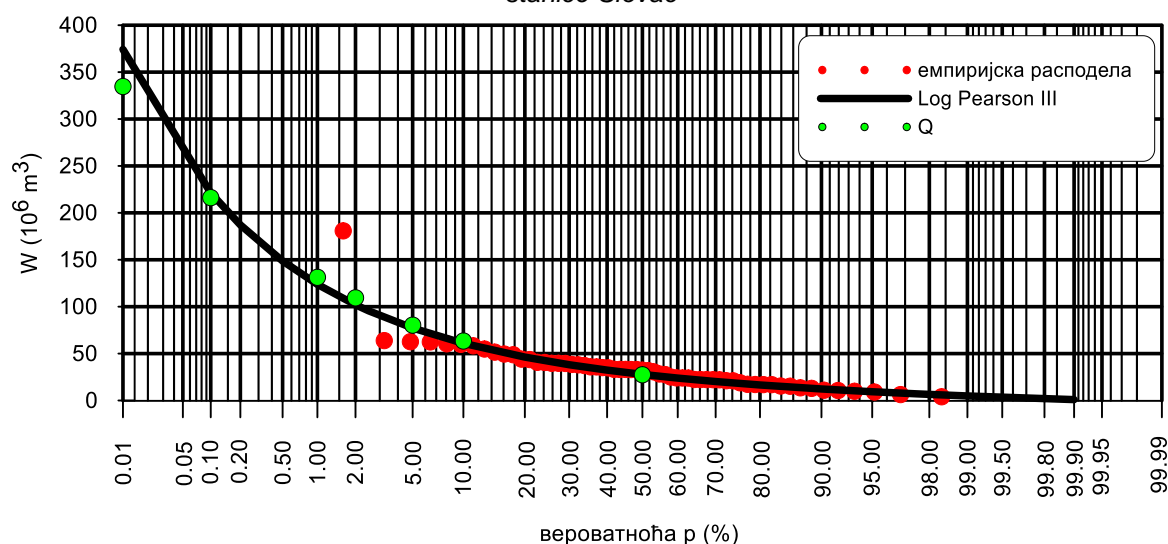
Hidrološka stanica	Verovatnoća pojave (%)								
	0.1	0.2	0.5	1	2	2.5	5	10	20
Slovac	1309	1123	893	733	586	541	414	304	215
Bogovođa	867	716	551	447	359	334	263	202	149

Tabela 2. Prikaz rezultata proračuna verovatnoće pojave maksimalnih godišnjih zapremina poplavnih talasa na reci Kolubari u razmatranim profilima hidroloških stanica – $W_{max,p}$ ($10^6 m^3$)

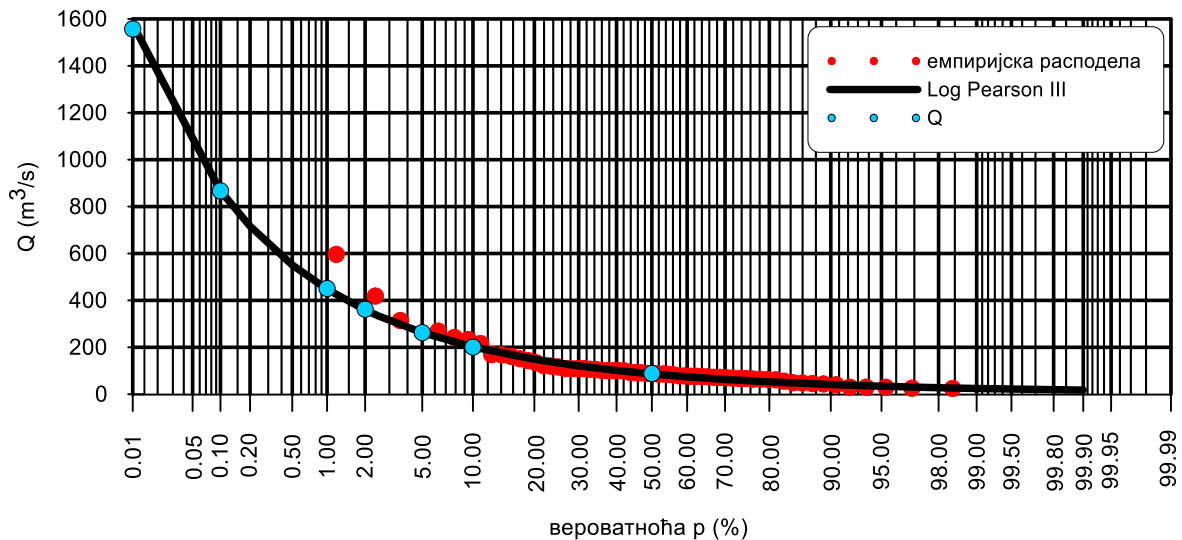
Hidrološka stanica	Verovatnoća pojave (%)								
	0.1	0.2	0.5	1	2	2.5	5	10	20
Slovac	221.2	187.1	148.6	123.8	102.0	95.6	77.2	60.9	46.3
Bogovođa	130.1	113.7	93.0	78.2	64.1	59.8	46.9	35.1	24.5



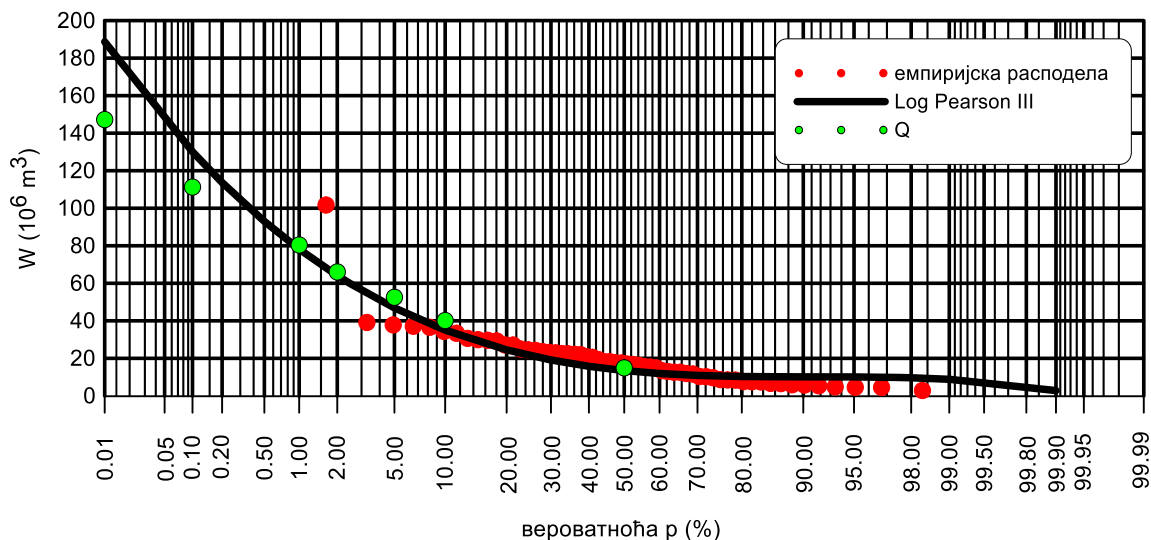
Slika 1. Verifikacija parametara na seriji maksimalnih godišnjih proticaja reke Kolubare u profilu hidrološke stanice Slovac



Slika 2. Verifikacija parametara na seriji maksimalnih godišnjih zapremina poplavnih talasa reke Kolubare u profilu hidrološke stanice Slovac



Slika 3. Verifikacija parametara na seriji maksimalnih godišnjih proticaja reke Ljig u profilu hidrološke stanice Bogovođa



Slika 4. Verifikacija parametara na seriji maksimalnih godišnjih zapremina poplavih talasa reke Ljig u profilu hidrološke stanice Bogovođa

Numerički pokazatelji istariranih parametara metode GIO prikazani su zajedno sa rezultatima proračuna teorijskih hidrograma velikih voda Kolubare i to u tabeli 3 za profil hidrološke stanice Slovac u tabeli 4 za profil hidrološke stanice Bogovođa. Rezultati verifikacija parametara korišćene metode GIO prikazani su u obliku posebno označenih kružnih tačaka, takođe, na slikama 1 i 2, zajedno sa uporednim prikazima teorijskih i empirijskih funkcija raspodele verovatnoća.

Tabela 3. Prikaz rezultata proračuna teorijskih hidrograma velikih voda reke Kolubare u profilu h. s. Slovac

F=995 km ²		L = 60.1 km		I _{ur} = 7.0 ‰									
B(0.01) = 2.15		B(0.1)=1.89		B(1) = 1.78		B(2) = 1.75		B(5) = 1.64		B(10) = 1.625		B(50) = 1.24	
P(%)	(ΦH) _p	F _p	E(mim)	S(E)	Q _p (m ³ /s)	q(m ³ /s/km ²)	h _p (mm)	W _p (10 ⁶ m ³)					
0.01	148.6	1478	1408	1.338	1978	1.988	336.3	334.6					
0.1	107.6	1070	1526	1.184	1268	1.274	217.3	216.2					
1.0	68.2	678	1710	1.074	728	0.732	132.0	131.3					
2.0	57.4	571	1786	1.029	587	0.590	110.0	109.4					

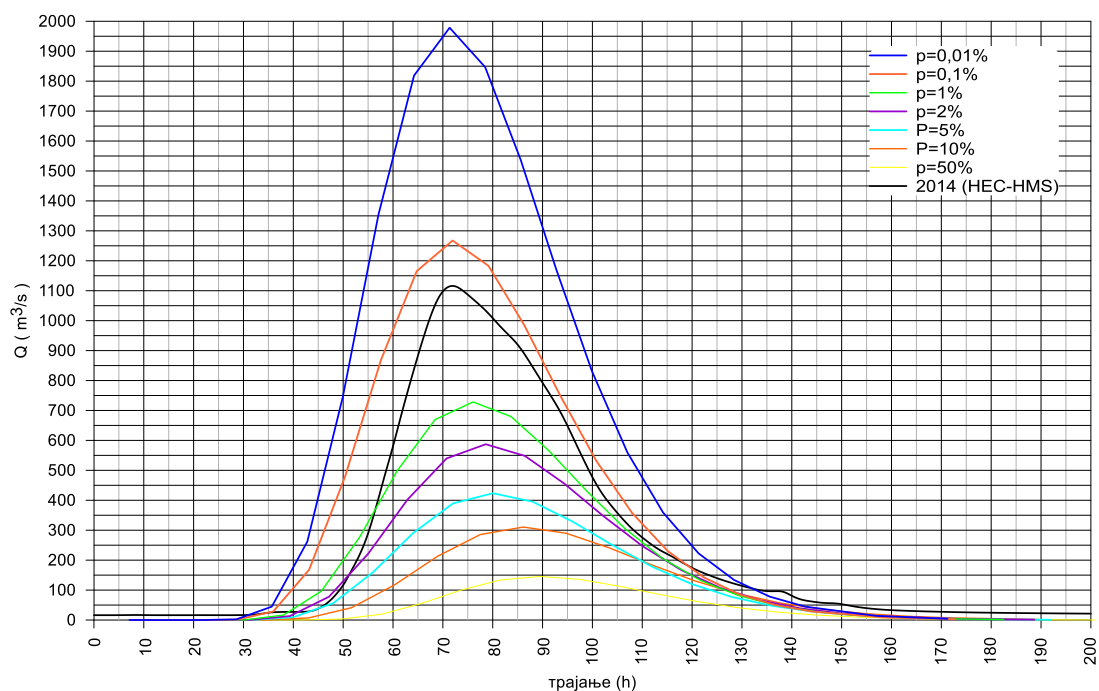
5.0	44.4	442	1904	0.958	424	0.426	80.7	80.3
10.0	35.0	348	2021	0.892	311	0.312	63.7	63.4
50.0	18.2	191	2347	0.761	146	0.146	27.6	27.4

Tabela 4. Prikaz rezultata proračuna teorijskih hidrograma velikih voda reke Ljig u profilu h. s. Bogovođa

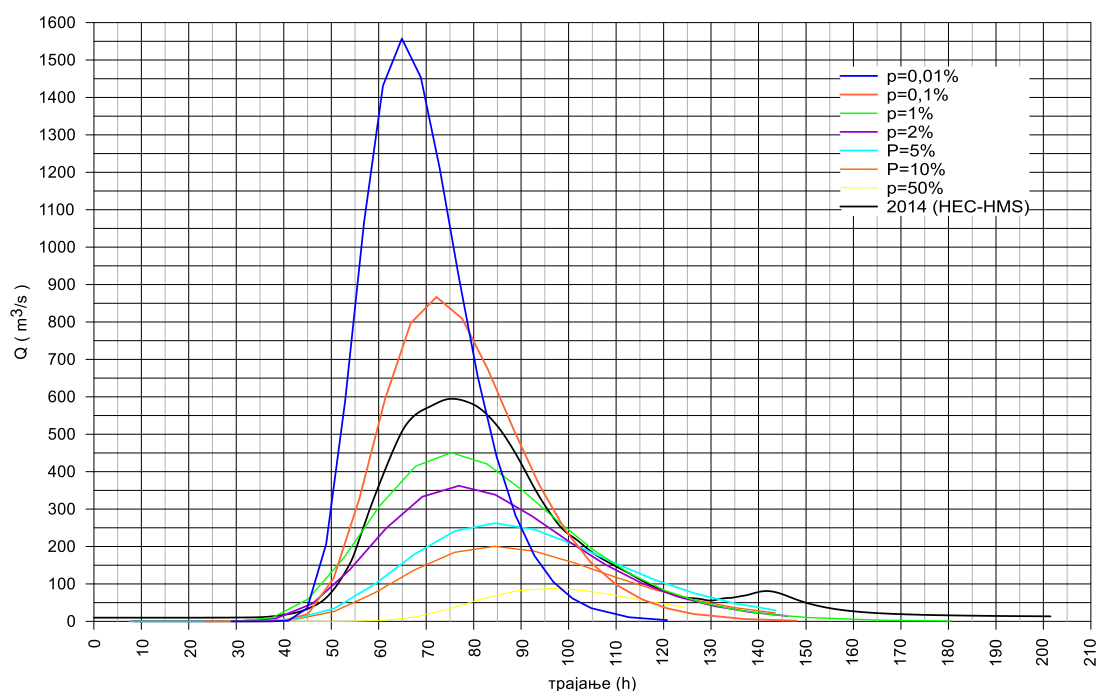
F=679 km ²		L =54.3 km				I _{ur} = 4.0 ‰		
B(0.01) = 1.02		B(0.1)=1.22	B(1) = 1.47	B(2) = 1.39	B(5) = 1.41	B(10) = 1.31	B(50) = 0.89	
P(%)	(ϕH) _p	F _p	E(mim)	S(E)	Q _p (m ³ /s)	q(m ³ /s/km ²)	h _p (mm)	W _p (10 ⁶ m ³)
0.01	198.0	1344	1570	1.158	1557	2.293	216.8	147.2
0.1	122.9	834	1768	1.039	867	1.277	163.9	111.3
1.0	74.0	502	2007	0.879	451	0.664	118.4	80.4
2.0	62.0	421	2098	0.861	362	0.534	97.3	66.0
5.0	48.0	326	2237	0.805	262	0.385	77.4	52.6
10.0	39.0	265	2356	0.758	201	0.295	59.1	40.1
50.0	20.5	139	2767	0.636	88.5	0.150	21.6	14.9

Kao što se na slikama vidi postignuto je veoma dobro slaganje teorijskih vrednosti maksimalnih godišnjih proticaja i maksimalnih zapremina poplavnih talasa sračunatih preko teorijske funkcije raspodele Log Pirson III sa istim vrednostima sračunatim po metodi „graničnog intenziteta oticaja“.

Grafička interpretacija rezultata proračuna teorijskih hidrograma velikih voda različitih verovatnoća pojave reke Kolubare u profilu hidrološke stanice Slovac, sračunatih po metodi „graničnog intenziteta oticaja“, prikazani su na slici 5, a za hidrološku stanicu Bogoviđa na slici 6. Na istom crtežima prikazani su i rekonstruisani poplavni talas po hidrološkom modelu HEC-HMS iz maja 2014. godine.



Slika 5. Teorijskih hidrogrami velikih voda reke Kolubare u profilu hidrološke stanice Slovac



Slika 6. Teorijskih hidrograma velikih voda reke Ljig u profilu h. s. Bogovođa

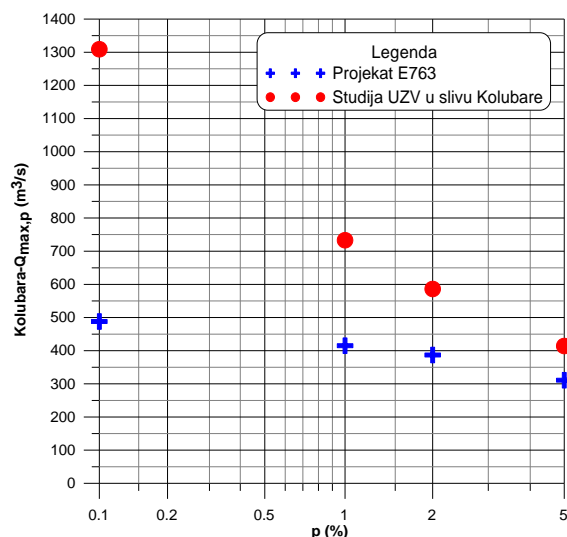
Na osnovu prikazanih rezultata je evidentno da sračunati oblici teorijskih hidrograma velikih voda u potpunosti prate oblik rekonstruisanog hidrograma za poplavni talas iz maja 2014. godine, što je bio osnovni uslov pri tariranju parametara metode „graničnog intenziteta oticaja“.

4. UPOREDNI PRIKAZ MERODAVNIH PROTICAJA IZ PROJEKTNE DOKUMENTACIJE AUTOPUTA E-763 I IZ STUDIJE UNAPREĐENJA ZAŠTITE OD POPLAVA

Autoput E-763, po stacionaži od km 53+140 do km 54+400, ide po trasi korita reke Kolubare, odnosno ukršta se pod vrlo nepovoljnim uglom, zbog čega se predviđa izmeštanje, odnosno regulacija reke Kolubare u dužini od oko 1800m. Merodavni proticaji za dimenzionisanje korita preuzeti su iz Idejnog projekta puta, na koje su dobijeni vodoprivredno mišljenje RHMZ i vodoprivredni uslovi. Numeričke vrednosti ovih merodavnih proticaja, za različite verovatnoće pojave, odnosno povratnog perioda, prikazane su u tabeli 5. U istoj tabeli prikazane su i odgovarajuće vrednosti proticaja iz studije unapređenja zaštite od voda u slivu reke Kolubare za najbližu oficijelnu hidrološku stanicu Slovac RHMZ Srbije. Kao što je već rečeno ova studija je uključila i sve registrovane podatke u periodu poplave maja 2014. godine. Upporedni prikaz numeričkih vrednosti merodavnih protoka iz navedenog projekta i studije prikazan je na slici 7.

Tabela 5. Merodavni proticaji iz projektne dokumentacije autoputa i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni prelaza reke Kolubare - $Q_{max,p}$ (m^3/s)

Izvor	Verovatnoća pojave (%)			
	0.1	1	2	5
Iz dokumentacije projekta puta E-763	488	415	387	311
Iz studije unapređenja zaštite od poplava [1]	1309	733	586	414



Slika 7. Uporedni prikaz merodavnih proticaja iz projektne dokumentacije autoputa i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni prelaza reke Kolubare - $Q_{max,p}$ (m^3/s)

Autoput E-763, takođe, ide po trasi korita reke Ljig, ili je preseca na više lokacija na sektoru od ušća reke Ljig do grada Ljiga, što zahteva regulaciju reke na više deonica i to po stacionaži autoputa:

- od km 56+625 do km 58+900
- od km 61+025 do km 61+775
- od km 62+825 do km 63+840
- od km 64+948 do km 65+459
- od km 65+805 do km 66+132
- od km 66+922 do km 67+911
- na km 73+241

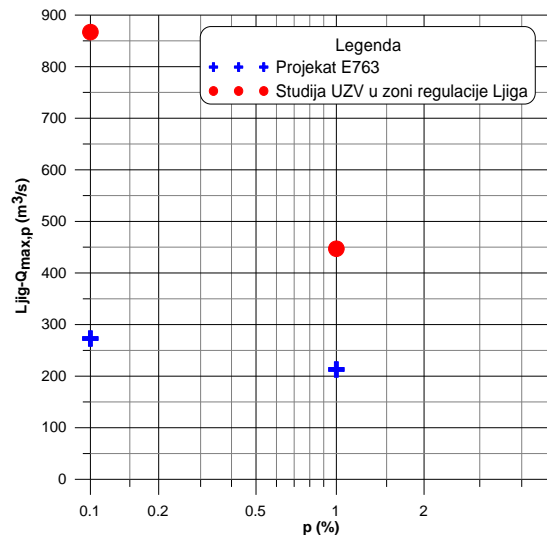
Pored toga, autoput E-763 ukršta se sa rekam Ljig na sledećim mestima:

- na km 58+828
- na km 61+090
- na km 73+241

Merodavni proticaji za dimenzionisanje korita reke Ljig i mostovskih otvora na ovim lokacijama prikazani su u tabeli 6. Kao i u prethodnom slučaju u istoj tabeli prikazane su i odgovarajuće vrednosti proticaja iz studije unapređenja zaštite od voda u slivu reke Kolubare za najbližu oficijelnu h. s. Bogovođa RHMZ Srbije. Uporedni prikaz numeričkih vrednosti merodavnih protoka prikazan je na slici 8.

Tabela 6. Merodavni proticaji iz projektne dokumentacije autoputa i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni regulacije reke Ljig - $Q_{max,p}$ (m^3/s)

Izvor	Verovatnoća pojave (%)		
	0.1	1	5
Iz dokumentacije projekta puta E-763	273	213	167
Iz studije unapređenja zaštite od poplava [1]	867	447	263



Slika 8. Usporedni prikaz merodavnih proticaja iz projektne dokumentacije autoputa i studije unapređenja zaštite od poplava u zoni regulacije reke Ljig - $Q_{max,p}$ (m^3/s)

Na osnovu prikazanih rezultata može se izvesti opšti zaključak da su merodavni proticaji, koji su korišćeni u projektnoj dokumentaciji autoputa E-763, znatno niži u odnosu na merodavne proticaje koji se koriste za unapređenje zaštite od poplava u slivu reke Kolubare nakon pojave poplave maja 2014. godine. U odnosu na merodavne proticaje iz studije unapređenja zaštite od poplava povratni periodu merodavnih proticaja iz projektne dokumentacije autoputa su znatno kraći, i to:

- **kod reke Kolubare:**
 - **hiljadugodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **četrdesetogodišnjem proticaju** iz studije;
 - **stogodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **dvadesetogodišnjem proticaju** iz studije;
 - **pedesetogodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **petnaestogodišnjem proticaju** iz studije;
 - **dvadesetogodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **petogodišnjem proticaju** iz studije;
- **kod reke Ljig:**
 - **hiljadugodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **dvadesetdvogodišnjem proticaju** iz studije;
 - **stogodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **dvanaestogodišnjem proticaju** iz studije;
 - **dvadesetogodišnji proticaj** iz dokumentacije odgovara **petogodišnjem proticaju** iz studije.

Interesantno je takođe proanalizirati koliko će dana usvojeni merodavni proticaji iz projektne dokumentacije autoputa E -763 biti prevaziđeni (viši) saglasno podacima (teorijskim hidrogramima) iz studije unapređenja zaštite od poljava u slivu reke Kolubare. U vezi sa ovim može se zaključiti:

- **kod reke Kolubare**
 - **merodavni hiljadugodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 55 sati**,
 - **merodavni stogodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 42 sata**,
 - **merodavni pedesetogodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 38 sati**,
 - **merodavni dvadesetogodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 32 sata**,
- **kod reke Ljig**
 - **merodavni hiljadugodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 43 sata**,
 - **merodavni stogodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 45 sati**,

- **merodavni dvadesetogodišnji proticaj** iz dokumentacije biće prevaziđen u **trajanju od 50 sati**.

U projektnoj dokumentaciji Glavnog projekta autoputa E-763 je navedeno da je rečno korito dimenzionisano da primi i sprovede proticaj $Q_{0,1\%}$, uz napomenu da je „ovako veliki stepen zaštite primenjen jer se radi o objektu od važnosti za Republiku“. Nažalost, podaci iz studije unapređenja zaštite od poplava u slivu reke Kolubare, koja je uzela u obzir i uticaj katastrofalne poplave iz maja 2015. godine na definisanje merodavnih velikih voda, pokazuje suprotno. Projektna dokumentacija autoputa obezbeđuje stepen zaštite znatno manji od projektovanog koji je trebalo da bude hiljadugodišnji. U konkretnom slučaju projektna dokumentacije obezbeđuje stepen zaštite :

- **kod reke Kolubare - četrdesetogodišnje velike vode;**
- **kor reke Ljig - dvadesetvegodišnje velike vode.**

To praktično znači da će pri pojavi hiljadugodišnje velike vode **autoput biti poplavljen** u priobalju:

- **reke Kolubare – u trajanju od 55 sati, a**
- **reke Ljig - u trajanju od 43 sata.**

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu gore navedenih podataka može se nedvosmisleno zaključiti da autoput E-763 „Beograd-Južni Jadran“, prema projektovanoj dokumentaciji, nema zadovoljavajući/željeni stepen zaštite od velikih voda reke Kolubare i reke Ljig na deonici 5 od km 53+140 do km 77+050, od Lajkovca do Ljiga.

Zahvale

Predstavljeni rezultati i analize su predmet istraživanja naučnog projekta „Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije“ (TR-37005) za period 2011–2017. godine Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije. Autori se zahvaljuju ministarstvu na pruženoj finansijskoj pomoći i podršci.

Literatura

- [1] Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi 2016. *Studija unapređenja zaštite od voda u slivu reke Kolubare - Preliminarni izveštaj*.
- [2] Petković, T., Prohaska, S. 1990. Metode za proračun velikih voda, Deo II, Problemi voda na hidrološki neizučeni profilima. Građevinski kalendar 90, Beograd
- [3] Prohaska, S. 1987. Proračun hidrograma velikih voda na malim slivovima šireg područja grada Beograda. *Vodoprivreda* 19: 105-106 (1987/1-2), 15-28
- [4] Prohaska, S., Ristić, V. 2002. *Hidrologija kroz teoriju I praksu, drugo prošireno izdanje*. Rudarsko-geološki fakultet, Institut „Jaroslav Černi“, Beograd
- [5] Prohaska, S. 2003. *Hidrologija I Deo, Hidro-meteorologija, hidrometrija I vodni režim*. Rudarsko-geološki fakultet, Institut „Jaroslav Černi“, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd
- [6] Prohaska, S. Bartoš Divac, V., sa sar. 2014. *Intenziteti jakih kiša u Srbiji*. Institut „Jaroslav Černi“, Beograd
- [7] Prohaska, S., Stojković, S., Jelovac, M., Božović, N., Bartoš Divac, V. 2016. Definisanje teorijskih hidrograma velikih voda na hidrološki izučeni profilima u slivu reke Kolubare nakon poplave iz maja 2014. godine. *VODA 2016*. Srpsko društvo za zaštitu voda, Zlatibor, 75-84.
- [8] Zlatanović, N., Prohaska, S. 2016. Hidrološko-hidraulička rekonstrukcija majske poplave iz 2014. godina u slivu reke Kolubare. *VODA 2016*. Srpsko društvo za zaštitu voda, Zlatibor, 65-74.

ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI DEONICA AUTOPUTA NA KORIDORU 10 I KORIDORU 11- PRIMERI IZ PRAKSE

Nataša Joković, dipl.građ.inž.

Koridori Srbije d.o.o., Kralja Petra 21, 11000, Beograd

n.jokovic@koridorisrbije.rs

Rezime: U radu je prikazana primena zatvorenog sistema odvođenja atmosferskih voda sa kolovoznih površina autoputa. Zatvoreni sistem podrazumeva: prikupljanje vode sa kolovoza, odvođenje cevnom kanalizacijom do sistema za prečišćavanje vode i nakon tretmana upuštanje u najbliži recipijent.

Na osnovu iskustva sa izgradnje autoputeva u Srbiji, dati su primeri primene ovog sistema odvodnjavanja. Prikazani su i načini uklapanja sistema odvodnjavanja u okruženje: putni pojas i okolni teren. Dati su primeri separatora masti i ulja različitih tipova, vrsta, oblika i materijala koji su primenjivani pri izgradnji.

Zatvoren sistem odvođenja vode obezbeđuje zaštitu okruženja od zagađenja otpadnim mastima i uljima iz motornih vozila. Međutim vođenje vode u velikoj dužini i koncentrisano izlivanje velike količine vode, zahtevaju posebna tehnička rešenja. Dati su primeri iz prakse.

Ključne reči: putevi, Koridori 10 i 11, odvođenje vode, sistemi, cevna kanalizacija, separatori.

CLOSED WATER DRAINAGE SYSTEMS WITHIN THE HIGHWAYS CONSTRUCTION OF CORRIDOR 10 AND 11-EXAMPLES FROM PRACTICE

Nataša Joković, B.Sc.CE.

Corridors of Serbia doo, Kralja Petra 21, 11000, Belgrade

Abstract

The paper presents the application of a closed system for rainfall runoff water from the pavement surfaces of the highway. Closed system includes: collecting water from the carriageway, draining through the drainage system to the water treatment and after the treatment to the nearest recipient.

Several examples of the application of this drainage system based on the experience with the construction of highways in Serbia have been given. The integration of drainage system into the environment is also presented: road belt and surrounding ground. Examples of separators of grease and oil of various types, shapes and materials that were used in construction were given.

The closed drainage system provides protection of the environment against pollution by wastes and oils from motor vehicles. However, water management in long-distance and concentrated spillage of large amounts of water require special technical solutions. Practical examples are given.

Keywords: highways, Corridors 10 & 11, water drainage, systems, pipe sewage, separators.

UVOD

Odvodnjavanje predstavlja značajan segment putnog inženjerstva. Ovo je činjenica koja ukazuje na potrebu većeg angažovanja na razvoju i unapređenju sistema odvodnjavanja. Sve su veći zahtevi, u cilju dobijanja modernih saobraćajnica, bez negativnog uticaja na životnu sredinu. Zahteva se izgradnja sistema odvodnjavanja puta, koji ne narušavaju kvalitet životne sredine i kvalitet vodnih resursa, a u skladu sa propisanom zakonskom regulativom.

Učešće odvodnjavanja u ukupnoj investiciji izgradnje autoputa je oko 5 - 7 %.

Prikupljanje i odvođenje površinskih i pribrežnih voda od puta je jedan od osnovnih uslova bezbednog odvijanja saobraćaja, bezbedne vožnje, stabilnosti i dugotrajnosti putne konstrukcije.

Izgradnjom sistema za odvodnavanje ostvaruje se kontrolisano prikupljanje i odvođenje kišnog oticaja sa kolovoza. Osnovni cilj je povećanje bezbednosti, imajući u vidu da se saobraćaj tokom padavina odvija otežano zbog formiranja sloja vode na kolovozu.

Pored povećanja bezbednosti odvijanja saobraćaja u uslovima padavina, dodatni cilj je očuvanje životne sredine. Isto podrazumeva kontrolisano prikupljanje i odvođenje kišnog oticaja sa površine puta i njegovo prečišćavanje do zahtevanog stepena, pre ispuštanja u recipijent. Voda koja padne na put - kolovoznu površinu spira sa kolovoza nataložene suspendovane materije, koje potiču od čestica prisutnih u vazduhu i talože se po površini terena. To su, ulja, masti, teški metali i organske materije – sa zelenih površina

Pri izgradnji Koridora 10 i 11 primenjeni su sistemi kontrolisanog odvodnjavanja kolovoznih površina. Sve su "zatvoreni sistemi odvodnje", što podrazumeva odvođenje do sistema za prečišćavanje, u smislu da ne postoji mešanje zaprljane vode sa kolovoza sa čistom pribrežnom vodom ili sa vodom iz okolnog terena.

Svi primenjeni sistemi su podrazumevli prikupljanje vode sa kolovoza i odvođenje vode do postrojenja za prečišćavanje, a nakon prečišćavanja voda se odvodi do ispusta u recipijent. Tako da se pored evakuacije vode sa kolovoza, vodilo računa i o ostvarenju ekološke zaštite okruženja.

Ovakav vid rešenja zasniva se na kriterijumu Evropske Unije koji se odnose na zaštitu životne sredine. Pozivanjem na važeću zakonsku regulativu štiti se kvalitet vodnih resursa.

KONTROLISANO ODVOĐNJAVANJE KOLOVOZNIH POVRŠINA

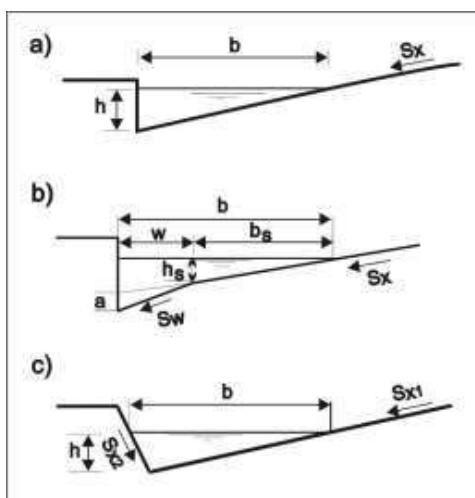
Primenjeni sistem odvodnjavanja, podrazumeva :

1. Odvodnjavanje kolovozne površine ,
2. Odvođenje vode do postrojenja za prečišćavanje,
3. Postrojenja za prečišćavanje – SEPARATORI,
4. Odvođenje vode iz separatora do recipijenta.

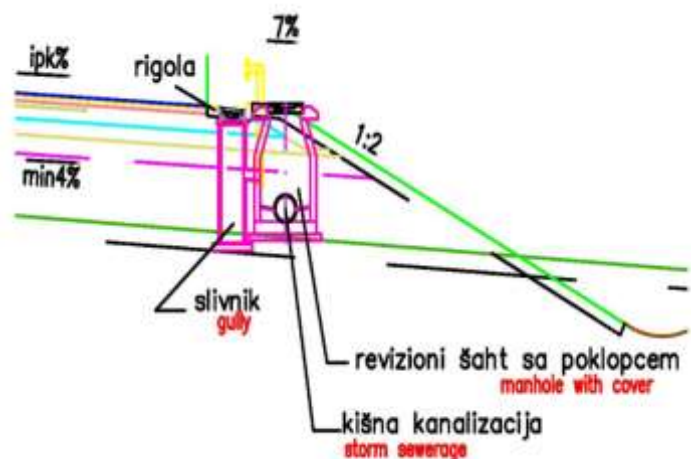
Sistem za odvodnavanje se gradi za potrebe kontrolisanog prikupljanja i odvođenja kišnog oticaja sa kolovoza, pri pojavi merodavnih padavina. Izbor geometrijskih elemenata trase i tipa kolovozne površine su od presudnog značaja za odvodnjavanje puta, može reći, da se sistemi za odvodnjavanje autoputeva projektuju se tako da se pri padavinama povratnog perioda od 10 godina, ostvari širina plavljenja samo zastavne kolovozne trake.

1. Odvodnjavanje kolovozne površine:

Odvodnjavanje kolovozne površine, podrazumeva kontrolisano prikupljanje atmosferskih voda sa kolovoza. Voda se poprečnim i podužnim padom kolovoza usmerava da teče uz ivičnjak do slivnika gde se slivničkom vezom, priključuju na revizione silaze odnosno u kanalizacioni kolektor. Kod većih količina vode postavljaju se rigole, koje povećavaju dubinu toka, tj. efikasnost odvodnje.



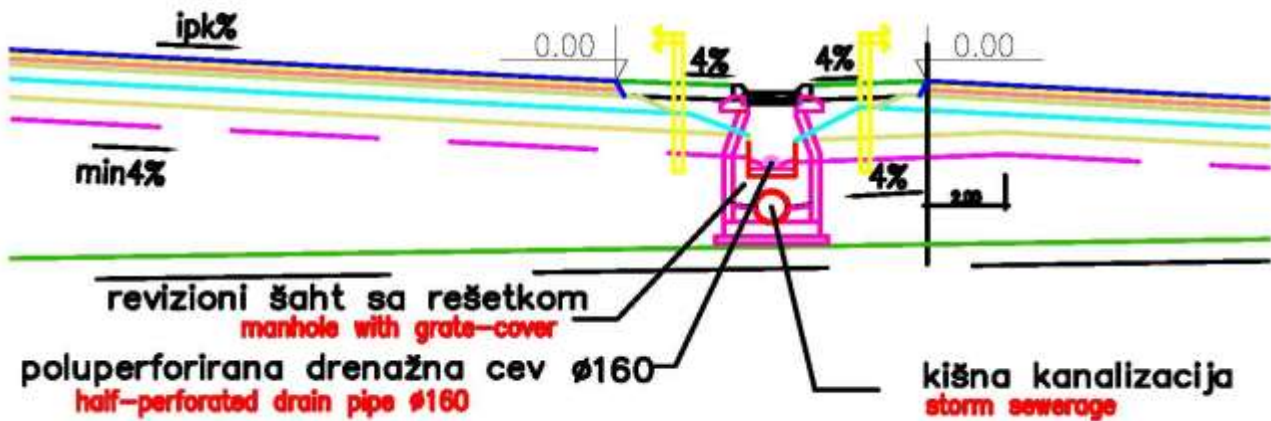
Slika 1. Tečenje uz ivičnjak



Slika 2. Presek revizionog šahta, slivnika i kišne kanalizacije

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11
- PRIMERI IZ PRAKSE**

U razdelnom pojasu postavljaju se kanalete, koje prikupljaju vodu iz razdelnog pojasa. Ukoliko je poprečni pad kolovoza ka razdelnom pojasu, onda i vodu sa kolovoza. Kanalizacija se tada postavlja u razdelnom pojasu, a evakuacija vode se obavlja preko šaht – slivnika smeštenih u kanaleti razdelnog pojasa. Drenaža se postavlja podužno duž cele trase, uglavnom u razdelnom pojasu ili ako to geometrija zahteva i levom ili desnom stranom autoputa.



Slika 3. Detalj kanalizacije i drenaže u razdelnom pojasu

Radovi na izgradnji ivičnjaka, rigola, kanaleta u razdelnom pojasu, ugradnji slivnika i slivničkih rešetki su pri izgradnji autoputeva veoma kompleksan posao. Uklapanje vremena izvođenja ovih radova sa ostalim radovima na samoj trasi je uvek problematično, radovi imaju dosta ručnog rada, objekti se moraju izvoditi tako da ne ometaju druge radove, a direktno zavise od izvedenih radova na kanalizaciji i drenaži. Pri samoj izgradnji posebna pažnja se posvećuje kvalitetu ugrađenih materijala za ivičnjake, kanalete i rigole, obzirom na izloženost ovih objekata negativnom dejstvu mraza i soli. (Otpornost na dejstvo mraza **minimum M-200**, oštećenje uzorka pri ispitivanju na mraz i so **mora biti 0**, a čvrstoća betona morabiti **minimum MB 40MPa**)

KORIDOR 11 E-763, Beograd – Južni Jadran, deonica Ljig – Preljina od km 77+118,28 do km 117+477,02



Slika 4. Ugradnja slivnika



Slika 5. Mašinski izgrađena rigola sa slivnikom



Slika 6. Ugradnja slivničke rešetke

Zbog obima radova, brzine izvođenja i stalnosti kvaliteta efikasna je mašinska izrada kanaleta i ivičnjaka. Za posledica ima ručnu ugradnju slivnih rešetki, jer bubanj slivnika ostaje ispod urađene rigole



Slika 7. Kanaleta izlaz tunela Šarani sa šaht slivnikom

Slika8. Kanal. izlaz tunela Šarani, uklap. u otv. kanal



Slika 9. Kanalizacioni šaht slivnik u kanaleti raz. pojasa

Slika9. Izrada kanalete u razdelnom pojasu

Problem pri izgradnji često je izrada stubova rasvete u petljama. Stub se projektuje po sredini razdelnog pojasa i "pada" na kanaletu, drenažu i kanalizaciju koje su takođe u sredini razdelnog pojasa. Ovo je potrebno prevazići na početku projektovanja. U praksi su iznalažena prelazna tehnička rešenja sa promenom geometrije temelja stuba.

**ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11
- PRIMERI IZ PRAKSE**



Slika 10. Naknadna izrada odvodnjavanja službenih prolaza Slika 11. Slivnik u eksploataciji

Na Koridoru 11, autoput E-763, Beograd – Južni Jadran, deonica Ljig – Preljina od km 77+118,28 do km 117+477,02 primenjen je zatvoreni sistem odvodnje sa kolektorskim odvođenjem vode ka postrojenjima za prečišćavanje-separatorima. Put je pod saobraćajem i može se videti da i pri velikim padavinama na kolovozu nema vode - slivnici efikasno odvedu vodu sa kolovoza. Potrebno je samo redovno održavanje ovih sistema da bi se očuvala njihova efikasnost.

Ukupna dužina deonice Ljig – Preljina je 40 358,74 m i izgrađeno je:

Kanalizacija (m)	Drenaža (m)	Kanalizacija na mostovima (m)	Kanalizacija u tunelima (m)	Šahte (kom)	Separatori (kom)
76 783,64	48 473,36	4 428,08	4 129,24	2749	98

Vrednost izvedenih radova na odvodnjavanju je **5.56%** u odnosu na ukupne radove na predmetnoj deonici.

2. Odvođenje vode do postrojenja za prečišćavanje:

Uloga slivnika i koruba je da sprovede vodu sa kolovoza, a mreža kolektora i/ili otvorenih kanala, ima ulogu da prikupljeni kišni oticaj sa kolovoza odvede do postrojenja za prečišćavanje.

Odvođenje vode može biti zasnovano kao:

- Otvoreni kanali
- Kolektorska kanalizacija
- Kombinovano

Otvoreni kanali

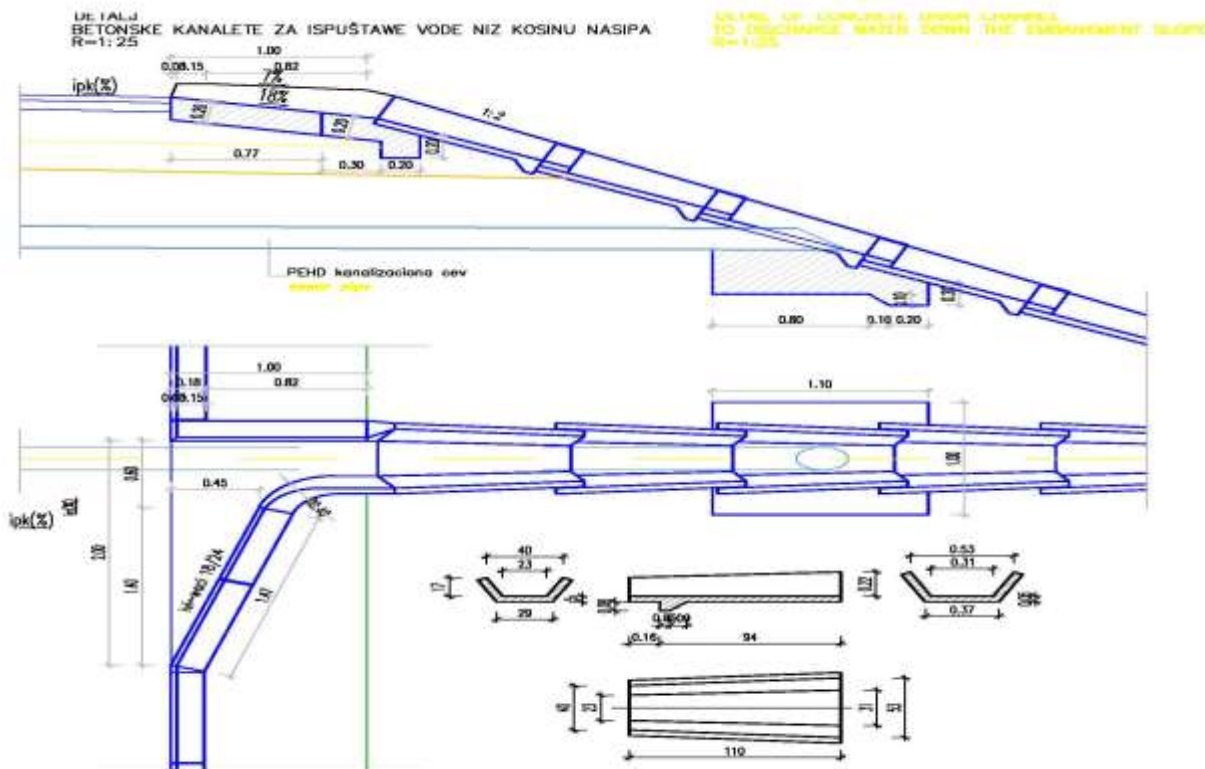
KORIDOR 10 E-75, Beograd – Niš – granica sa BJR Makedonijom, deonica Srpska kuća – Levosoje, km 934+354,72 do km 942+413,31

U slučaju odvodnjavanja sistemom otvorenih kanala, voda sa kolovoza se prikuplja uz ivičnjake, a zatim putem koruba evakuše do kanala postavljenih niz kosinu nasipa. Ispusti iz koruba se ulivaju u kanale koji se postavljaju po nožici ili kosini nasipa. Kanali su betonski ili armirano betonski, a pre uliva u uređaj za prečišćavanje postavljaju se sabirni šahtovi sa taložnikom.

Betonski kanali su pravougaoni, prilično su zahtevni za izvođenje, a i održavanje ovih kanala zahteva dosta ručnog rada.



Slika 12. Otvoreni kanali u poprečnom profilu autoputa.



Slika 13. Detalj bočnog izliva preko korube u otvoreni kanal

Korube su često prefabrikovani montažni elementi, koji moraju ispuniti uslove otpornosti na mraz i so.



Slika 14. Izgradnja slivnika sa otvorom za bočni izliv Slika 15. Izgradnja otvorenih AB kanala po nožici nasipa

ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11 - PRIMERI IZ PRAKSE

Kolektorska kanalizacija

Ovaj vid odvođenja vode koristi se često. Grade se kolektori, gde se celi proticajni profil nalazi u zatvorenoj konstrukciji koja je potpuno ukopana u zemlju.

Voda kroz zatvorene kolektore teče gravitaciono, a tečenje u opsegu projektovanih protoka je sa slobodnom površinom. Dimenzije kolektora su definisane potrebnim količinama oticaja.

Minimalne dimenzije se propisuju zbog potrebe za inspekcijom, čišćenjem i održavanjem kolektora Ø300.

Minimalna dubina rova je od 0,8m uslov smrzavanja do 1,5m od saobraćajnog opterećenja. Maksimalna dubina rova se ograničava zbog uslova iskopa i ona zavisi od karakteristika tla, visine podzemnih voda i tehnologije izgradnje. Uobičajeno se ona ograničava na oko 4-5 m.

Šahtovi su armirano betonski. Na nekim deonicama Koridora 10 autoputa E 75, postoje i primeri ugradnje plastičnih polietilenskih i polipropilenskih šahtova sa gotovim cevnim izlazima. Ovim se ostvaruje brže izvođenje radova, i povećava se sigurnost vodonepropusnosti.

Cevi su plastične korugovane PVC, PPE ili PE cevi. Definisane su temene krutosti zavisno od položaja kanalizacije. Ukoliko je u kolovozu SN 8, ukoliko je u zelenom pojasu SN4.

Cevi se ugrađuju standardnim načinima na pesku, sa peskom iznad cevi i nabijanjem u slojevima pri zatrpavanju. Naročito je važno ispitivanje vododrživosti cevi. Vršena su ispitivanja cevi vazduhom, pre izgradnje šahtova zatim i standardno ispitivanje kanalizacije sa po dva polja i jednim šahtom.



Slika 16. Ispitivanje vododrživosti – nepropusnosti kanalizacionih cevi vazduhom

Prilikom izvođenja drugih radova (npr. slojevi nasipa..), mora se voditi računa da se ne oštete postavljene cevi. Ukoliko se pokaže da su betonski šahtovi vodopropusni, naročito spojevi problem treba rešavati korektivnim malterima.

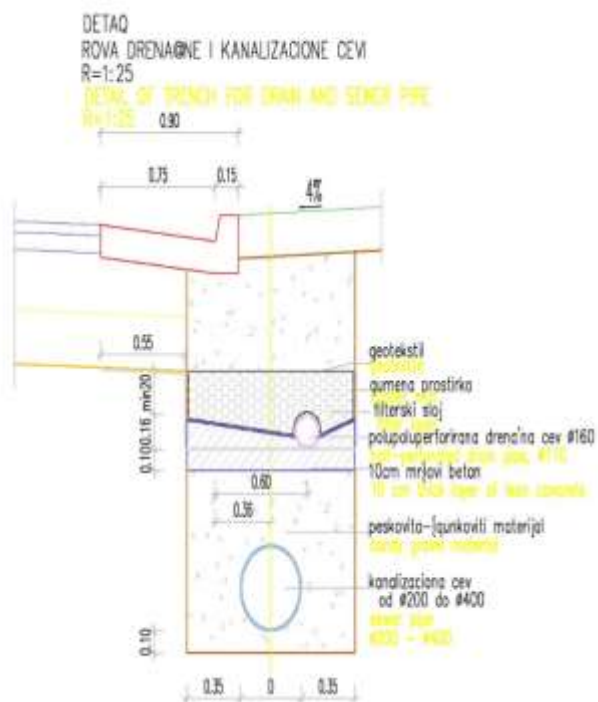


Slika 17. Kanalizaciona cev betonski šaht



Slika 18. Kanalizacija se postavlja, u bankinama ili u razdelnom pojasu.

Ugradnja kanalizacionih kolektora:



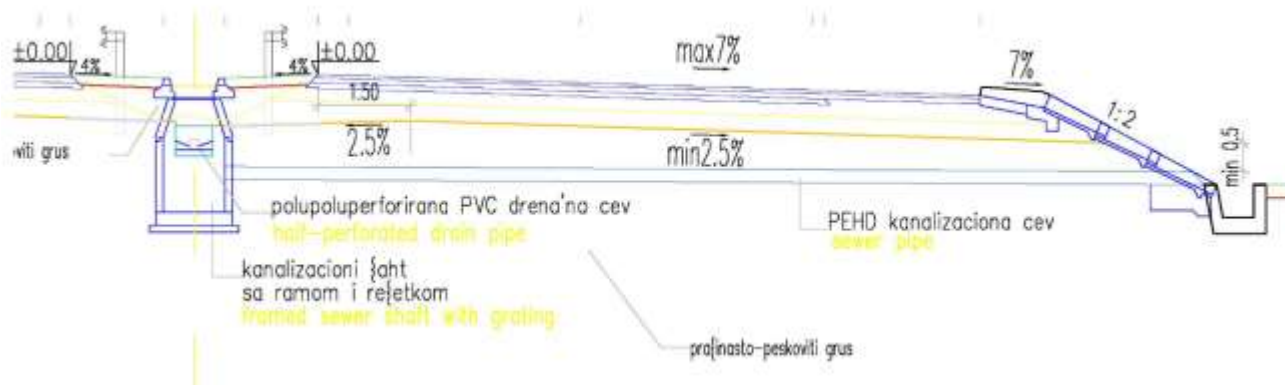
Slika 19. Kanalizacija i drenaža u razdelnom pojasu detalj / Izvođenje

ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11 - PRIMERI IZ PRAKSE

Drenaža je iznad kanalizacije. Drenažne cevi se postavljaju na sloju mršavog betona, sa filterskim slojem iznad cevi. Drenažne cevi su od polietilena korugovane i perforirane. Ugrađivane su drenažne cevi prečnika od Ø110 do Ø315.

Kombinovano odvođenje vode otvoreni kanali i kolektorska kanalizacija

Ovo je sistem gde je kanalizacija u razdelnom pojasu, a otvoreni kanali po nožici i kosini nasipa.



Slika 20. Detalj poprečnog profila autoputa sa izlivom u kanaletu u razdelnom pojasu i bočnim izlivom u otvoreni kanal.

3. Postrojenja za prečišćavanje – SEPARATORI

Postrojenja za prečišćavanje (Separatori) omogućavaju istaložavanja suspendovanog nanosa i taloga i odvajanje plivajućeg materijala (masti i ulja) sa specifičnom težinom manjom od specifične težine vode na površini unutar istog. Unutar postrojenja je smešten koalescentni filter sa funkcijom koncentracije masti i ulja. Separatori lakih naftnih derivata rade po principu gravitacije, bez dodavanja hemikalija ili upotrebe energije.

Sastoji se iz dela za taloženje i dela sa koalescentnim filterom. Separatori su proizvedeni prema evropskoj normi EN858-1. Postavljani su prema projektovanim kapacitetima sa nezavisnim i sa integrisanim bajpasom za evakuaciju velikih oticaja.



Slika 21. Betonski separator- Koridor 10 autoput E 75



Slika 22. Plastični polietilenski separator. Koridor 11 autoput E 763



Slika 23. Ugradnja plastičnog separatora u podzemnoj vodi Koridor 11 autoput E 763

Kapaciteti ugrađivanih separatora je od 10 /100 l/s do 50 / 500 l/s. Zbog različitih projekatata, različitih izvođača i načina ugovaranja, nije bilo uniformnosti po pitanju ugradnje ovih uređaja. Ugrađivani su uređaji domaćih i stranih različitih proizvođača, različitih materijala i konstrukcija, kao i različitih oblika i dimenzija. Ugrađivani su plastični separatori od polietilena, koji zavisno od mesta ugradnje dodatno osiguravaju od isplivavanja. Postoje primeri ugradnje i čeličnih separatora, koji su takođe morali da se osiguravaju od isplivavanja i dodatno zaštićuju od korozije. Ugrađivani su i betonski separatori, koji su se pokazali kao najjednostavniji za ugradnju. Nije bilo uniformnosti ni u obliku i konstrukciji separatora, ugrađivani su separatori sa posebnim baj pasom, kao i sa integrisanim baj pasom, okrugli ili pravougaoni.

ZATVORENI SISTEMI ODVODNJAVANJA PRI IZGRADNJI KORIDORA 10 I KORIDORA 11 - PRIMERI IZ PRAKSE

Najbolje rešenje je da se separatori smeste u bankinu, ukoliko je moguće zbog geometrije puta. Na taj način obezbedeće se mogućnost lakšeg pristupa kontrole i čišćenja separatora u toku eksploatacije.



Slika 24 Ugrađen plastični separator sa izlivom u otvoreni kanal Koridor 11 autoput E 763

Slučajna (incidentna) zagađenja najčešće nastaju zbog transporta opasnih materija. Najčešće se radi o nafti i njenim derivatima, mada nije redak slučaj da dolazi i do havarija vozila koja transportuju vrlo opasne hemijske proizvode. Ono što u ovom slučaju predstavlja poseban problem je činjenica da se radi o gotovo trenutnim vrlo visokim koncentracijama koje se ni vremenski ni prostorno ne mogu predvideti. Ugradnjom separatora ova zagađenja se prihvataju i tako se povećava ekološka zaštita okruženja.

Na lokacijama izlaska i ulaska u tunele postavljani su se rezervoari za prihvatanje izlivenih materija usled mogućeg incidenta.

Na izgrađenim tunelima Koridora 11 autoputa E763 urađeni su rezervoari za prihvatanje opasnih materija u slučaju incidenta. Postavljena je i signalizacija, tako da se u kontrolnom centru prati stanje u rezervoarima.

4. Odvođenje vode iz propusta i separatora do recipijenta.

Kao poseban problem prilikom izgradnje javlja se rešavanje odvoda iz separatora. Radi se o koncentrisanim izlivima i ako se ispuštaju u okruženje dolazi do erozije i plavljenja zemljišta.

Projekti uglavnom nisu rešavali odvode, nego bi izliv iz separatora postavljali u okviru pojasa eksproprijacije. Samo odvođenje do recipijenta je uglavnom bio predmet dopunskih projekata i dopunskih tehničkih rešenja. U zavisnosti gde je recipijent bilo je potrebno sprovesti i dodatnu eksproprijaciju.



Slika 25. Detalj izliva dva separatora i cevastog propusta.

Odvodnjavanje mostova i tunela

Odvodnjavanje mostova je posebno značajno i obzirom na veliki broj izgrađenih objekata, koji su sa velikim rasponima i visinama, predstavlja ozbiljan građevinski poduhvat. Slivnici se ugrađuju u kolovoz mostova uz ivičnjake. Prilikom izgradnje mostovskih ploča ostavljaju se otvori ugrađujući slivnici i cevovodi ispod pločanosača i odvode u kanalizaciju na trasi.



Slika 26. Na delu ispod ploče mosta cevovodi ce kače na konstrukciju mosta vešaljka.

ZAKLJUČAK:

Zatvoreni sistem odvodnje ima mnoge prednosti. Prečišćavanjem vode sprečava se zagađenje okoline i vodotokova. Da bi se otklonili mogući rizici ovog sistema potrebno je kvalitetno izvođenje radova, kontrola i ispitivanje cevovoda i ostalih objekata odvodnje, ugradnja kvalitetnih materijala i redovno održavanje. Posmatrajući da je cena odvodnje u odnosu na ukupnu cenu izgradnje relativno mala, u odnosu na to koliko odvođenje vode od puta predstavlja značaj za bezbednost saobraćaja i očuvanje konstrukcije puta.

Literatura:

Projektno tehnička dokumentacija za izgradnju Koridora 10 i Koridora 11
Glavni projekt i autoputeva: E-75; E-80; E763,
projektne organizacije:
Saobraćajni institut CIP, Beograd i Institut za puteve Beograd.

Važeći Zakoni i Pravilnici:

Zakon o vodama (Sl. Glasnik RS 30/10 i 93/12)

Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađenja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica (Sl. Glasnik RS 60/94)

Pravilnik o opasnim materijama u vodama (Sl. Glasnik RS 31/82)

Pravilnik o načinu i minimalnom broju ispitivanja kvaliteta otpadnih voda (Sl. Glasnik SRS 13/84)

Zakon o zaštiti životne sredine (Sl. Glasnik RS 135/04 i 36/09)

Pravilnik o analizi uticaja objekata odnosno radova na životnu sredinu (Sl. Glasnik RS 61/92)

Uredba o dozvoljenim emisijama i tretmanu otpadnih materija sa puteva (EU standard EN 858-1)

Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu (Sl. Glasnik RS 101/05)

Priobrežna voda se prihvata uglavnom kanalima, i odvodi bez prečišćavanja u propuste i recipijente. Nekad se prihvata i rigolama, pa preko šaht slivnika, se direktno sprovodi u kanal ili propust.

HIDROTEHNIČKA PROBLEMATIKA IZGRADNJE AUTOPUTA E-761 OD POJATA DO PRELJINE, U DELU KROZ DOLINU ZAPADNE MORAVE

Zoran Knežević¹, Marina Babić Mladenović², Vladislava Bartoš Divac³, Nevena Cvijanović⁴

¹ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, zoran.knezevic@jcerni.co.rs

² Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, marina.babic-mladenovic@jcerni.co.rs

³ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, vladislava.bartos@jcerni.co.rs

⁴ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, nevena1106sd@gmail.com

Rezime: Zapadna Morava je leva sastavnica Velike Morave. Nastaje spajanjem Moravice i Đetinje kod sela Leposavića. Dolina ove reke ima značajan poljoprivredni potencijal i istaknutu saobraćajnu ulogu, a sama reka protiče kroz veliki broj naseljenih mesta od kojih su neka i značajni industrijski centri (Kruševac, Trstenik, Kraljevo, Čačak). Zbog toga radovi na uređenju doline Zapadne Morave ne predstavljaju samo interes vodoprivrede, već imaju širi ekonomski i društveni značaj. Od Pojata do Preljine kod Čačka predviđena je izgradnja autoputa E-761 čiji najveći deo trase prolazi dolinom Zapadne Morave. Dužina autoputa na pomenutoj deonici je oko 111 km, dok je dužina Zapadne Morave na ovom sektoru oko 139 km. Neizbežan je uticaj autoputa na okolinu, a posebno interakcija autoputa (trase i objekata u koridoru autoputa) sa vodotokom i postojećim vodnim objektima. Imajući u vidu važnost budućih infrastrukturnih objekata i postojećeg stanja životnog okruženja u dolini Zapadne Morave, tema rada je definisanje potrebnih radova i mera na uređenju vodotoka i zaštiti priobalja koji će minimizirati uticaje izgradnje autoputa na režim voda, kao i mera zaštite kojima se obezbeđuje zaštita autoputa od velikih voda i erozije.

Ključne reči: autoput E-761, režim voda, mere zaštite.

HYDROTECHNICAL ISSUES OF HIGHWAY E-761 FROM POJATE TO PRELJINA, IN THE DISTRICT THROUGH THE VALLEY OF WEST MORAVA

Abstract: The West Morava River is the left tributary of the Great Morava. It originates at the confluence of the Moravica and the Đetinja River, near the village of Leposavić. The valley of this river has significant agricultural potential and an important traffic role, and the river itself flows through a large number of settlements, some of which are also significant industrial centers (Kruševac, Trstenik, Kraljevo, Čačak). Therefore, work on the regulation of the valley of West Morava is not only in the interest of water management, but has a wider economic and social importance. The construction of highway E-761 is planned between Pojate and Preljina near Čačak, and the biggest part of its route passes through the valley of the West Morava River. The highway length on this section is around 111 km, while the length of the West Morava is about 139 km. The impact of the highway on the environment is inevitable, and particularly the interaction of the highway (route and facilities in the highway corridor) with watercourse and existing water facilities. Taking into account the importance of future infrastructure facilities and the existing state of the environment in the valley of the West Morava River, the subject of this paper is to define the necessary works and procedures on regulation of watercourse and protection of coastal areas to minimize the impact of highway construction on the water regime, as well as measures to provide the required protection of the highway from floods and erosion.

Keywords: highway E-761, water regime, protection measures.

1. UVOD

Zapadna Morava je reka u centralnoj Srbiji koja zajedno sa Južnom Moravom čini Veliku Moravu. Dužina reke do sastava sa Južnom Moravom je oko 210 km, a površina sliva je 15.755 km². Vodotok protiče kroz kompozitnu dolinu koju čine četiri kotline, jedna veća klisura i dve suteske. U Zapadnu Moravu se uliva ukupno 85 pritoka.

¹ Zoran Knežević: zoran.knezevic@jcerni.co.rs

U ovom radu predstavljeni su rezultati Hidrotehničke studije koridora autoputa E-761, deonica Pojate-Preljina [4], koju je uradio Zavod za uređenje vodnih tokova Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ 2016. godine. U radu su dati rezultati sprovedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, kao i predložene mere zaštite autoputa od velikih voda i erozionog dejstva vodotoka u izmenjenim hidrološkim uslovima. Takođe, date su mere koje su potrebne da bi se minimizirao negativni uticaj izgradnje autoputa na režim tečenja i uslove u vodotoku.

2. KARAKTERISTIKE KORITA ZAPADNE MORAVE DUŽ TRASE AUTOPUTA E-761

Zakrivljenost rečne trase Zapadne Morave je vrlo promenljiva, sa radijusima u dijapazonu od 100 do 1000 m. Pravolinijskih deonica ima malo i obično su vrlo kratke. Nizvodno od ušća Ibra radijusi su uglavnom veći od 200 m, a uzvodno su daleko zastupljeniji radijusi krivina manji od 200 m. Najkarakterističnija je deonica od od Kraljeva do ušća Čemernice, sa nizom povezanih rečnih krivina sa radijusima od 80 do 200 m.

Na osnovu raspoloživih podataka o položaju trase vodotoka (snimanja 1961. i 2007. godine) utvrđeno je da:

- deonice sa stabilnom trasom (uz eventualne lokalne nestabilnosti) imaju ukupnu dužinu od 62 km, odnosno 45% ukupne dužine Zapadne Morave;
- deonice sa manjim promenama rečne trase su dužine 46 km, odnosno 33% dužine reke. Ove deonice se odlikuju generalnom stabilnošću trase vodotoka, ali se mestimično javljaju izrazite lokalne promene rečne trase;
- deonice sa nestabilnom rečnom trasom imaju ukupnu dužinu 22 km i na njima su promene trase posledica lutanja rečnog korita. Trasa nestabilnih deonica je formirana iz više oštih i kratkih krivina, pri čemu se na konkavnim stranama krivina javlja intenzivno rušenje obala.

Korito Zapadne Morave formirano je u rečnoj dolini određenih geomorfoloških karakteristika koje su uslovile uzdužni profil rečnog korita. Linija talvega je promenljiva u vremenu, usled promene položaja rečnog korita u planu i vertikalnih oscilacija rečnog dna, koje nastaje u toku morfološko-psamoloških procesa. U periodu od 1961. do 2007. godine je bio zastupljen generalni trend sniženja dna (talvega) rečnog korita, prosečne vrednosti od 1 do 2 m. Ovaj trend je posledica smanjenja ulaza nanosa iz sliva (usled izvođenja protiverozionih i hidrotehničkih radova u slivu) i eksploatacije materijala iz rečnog korita.

3. HIDROLOŠKA ANALIZA VELIKIH VODA

Protoci velikih voda Zapadne Morave merodavni za projekat autoputa E-761 definisani su u mišljenjima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, a na osnovu analiza urađenih u okviru Vodoprivredne osnove Srbije [2], Hidrometeorološke podloge (2009. godine). U toj dokumentaciji računске vrednosti velikih voda određene su na osnovu niza maksimalnih godišnjih protoka zaključno sa 2006. godinom.

Za potrebe pomenute Hidrotehničke studije [4], određene su nove računске vrednosti maksimalnih godišnjih protoka Zapadne Morave, Ibra i Rasine. Za proračun su korišćeni podaci produženog niza maksimalnih godišnjih protoka (zaključno sa 2015. godinom). Numeričke vrednosti maksimalnih godišnjih protoka za karakteristične verovatnoće pojave, za usvojenu Log Pearson III raspodelu, prikazane su numerički u tabeli 1, kao i korespondentni rezultati iz [1] i [2].

Tabela 1. Računske vrednosti maksimalnih godišnjih protoka Q_{max} (m^3/s) Zapadne Morave i pritoka za karakteristične verovatnoće pojave p (%)

Reka/Hidrološka stanica		Period	p (%)			
			0,1	1	2	5
Zapadna Morava/ Kraljevo/Miločaj	[1]	1955-2005.	1579	1067	930	759
	[2]	1955-2006.	2068	1234	1038	810
	[4]	1955-2015.	2555	1409	1156	870
Zapadna Morava/Jasika	[1]	1948-2005.	2794	1781	1536	1244
	[2]	1948-2006.	2941	1844	1582	1274
	[4]	1948-2015.	4122	2224	1823	1381
Ibar/Lopatnica Lakat	[1]	1948-2005.	2432	1324	1086	820
	[2]	1948-2006.	2600	1368	1111	831
	[4]	1948-2015.	2623	1364	1105	823
Rasina/Bivolje	[1]	1949-2005.	678	446	380	297
	[2]	1949-2006.	638	430	370	292
	[4]	1949-2015.	721	445	373	285

Kao merodavne vrednosti za analizu i dimenzionisanje hidrotehničkih objekata i objekata infrastrukture usvojene su veće vrednosti velikih voda Zapadne Morave i pritoka, dobijene proračunom za produženi niz do 2015. godine.

4. HIDRAULIČKA ANALIZA

Za potrebe hidrauličke analize formirana su dva hidromorfološka modela Zapadne Morave od spoja sa Južnom Moravom do ušća reke Čemernice: (1) model postojećeg stanja i (2) model projektovanog stanja.

Model postojećeg stanja je zasnovan na 237 poprečnih profila i 9 postojećih mostova (sa definisanim geometrijskim karakteristikama objekta: položaj i širina stubova, položaj i oblik oporaca, niveleta gornje i donje ivice konstrukcije, širina kolovozne konstrukcije). U postojeću topografsku podlogu, uneti su podaci detaljnih geodetskih snimanja po trasi autoputa i priključnih puteva pa su rečne inundacije verno prikazane u modelu. U model su uneti i postojeći nasipi, sa dimenzijama koje odgovaraju sadašnjem stanju.

Podaci o Manningovom koeficijentu otpora osnovnog korita su preuzeti iz Generalnog projekta [1] (u kome je izvršeno tariranje rapavosti u domenu proticaja do punog korita na osnovu statističkih krivih proticaja na hidrološkim stanicama duž toka Zapadne Morave) i iznose: na deonici od sastava sa Južnom Moravom do h.st. Jasika $n = 0,036 m^{-1/3}s$; na deonici od h.st. Jasika do h.st. Trstenik $n = 0,038 m^{-1/3}s$; na deonici od h.st. Trstenik do h.st. Miločaj $n = 0,050 m^{-1/3}s$; na deonici od h.st. Miločaj do ušća Čemernice $n = 0,038 m^{-1/3}s$. Koeficijent otpora tečenju na inundacijama je procenjen na osnovu stanja i načina korišćenja ovog prostora, što je konstatovano terenskim rekognosciranjem. S obzirom da su u pitanju uglavnom poljoprivredne površine, degradirano zemljište i veliki broj lokaliteta gde se nalaze veće depresije ispunjene vodom, Manningov koeficijent za inundacije je procenjen na $0,08 m^{-1/3}s$.

Model projektovanog stanja je dobijen tako što su u model postojećeg stanja uneti svi projektovani objekti (trup autoputa po trasi sa mostovima, priključni putevi, petlje i regulacije korita Zapadne Morave). U model su uneti i postojeći nasipi, ali pod pretpostavkom da je izvršena njihova rekonstrukcija, tako da u uslovima 100-godišnje velike vode ne dolazi do njihovog preliivanja. Pored postojećih mostova, u model je uključeno i 8 projektovanih mostova. Podaci o trasi, poprečnom profilu i drugim karakteristikama projektovanih regulacija osnovnog korita Zapadne Morave su preuzeti iz projektne dokumentacije autoputa E-761 [3]. Na potezima regulacije Manningov koeficijent osnovnog korita smanjen je u odnosu na vrednosti iz modela postojećeg stanja.

Hidraulički proračun projektovanog stanja je rađen za iste uslove kao i proračun postojećeg stanja, kako bi se utvrdio uticaj izgradnje autoputa na režim 100-godišnje velike vode Zapadne Morave (koja je merodavna za dimenzionisanje autoputa). Usvojen je uslov potpune koincidencije sa velikom vodom istog ranga

verovatnoće na Velikoj Moravi (nizvodni granični uslov je kota nivoa vode na najuzvodnijem profilu Velike Morave $Z_{1\%}=134,01$ m).

Na osnovu hidrauličkog proračuna određene su plavne zone, kote nivoa vode i brzine u osnovnom koritu vodotoka u uslovima 100-godišnje velike vode.

5. ZAKLJUČCI O MEĐUSOBNIM UTICAJIMA REKE I AUTOPUTA

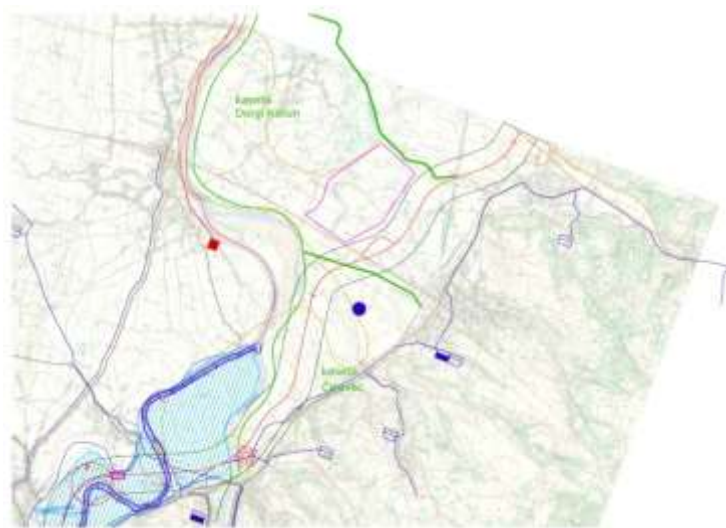
Trasa autoputa E-761, od Pojata do Preljine, gotovo celom svojom dužinom prolazi kroz doline Velike, Južne i Zapadne Morave i reke Čemernice. Najvećim delom se nalazi u realno plavnim zonama, a manjim u područjima zaštićenim od poplava (odnosno u potencijalno plavnim zonama).

Uz pretpostavku da će se i posle izgradnje autoputa odvijati morfološki procesi meandriranja i lutanja rečnog korita Zapadne Morave, posebna pažnja je posvećena definisanju potencijalno kritičnih deonica, na kojima nepovoljni procesi fluvijalne erozije mogu ugroziti autoput. Prema udaljenosti i stanju rečne obale, potencijalno kritične lokacije su podeljene u sledeće kategorije: I kategorija: obala reke je prirodno stabilna ili stabilizovana (postoji zaštitni objekat) i rastojanje od obale do trupa autoputa manje od 50 m ili je obala reke nestabilna i rastojanje od obale do trupa autoputa manje od 100 m; II kategorija: obala je stabilna i rastojanje od obale do trupa autoputa 50-100 m; III kategorija: sve lokacije sa rastojanjem od obale do autoputa većim od 100 m. Prema tome su definisane potencijalno kritične lokacije na kojima autoput može biti ugrožen usled erozije obala i pomeranja korita Zapadne Morave.

U nastavku je dat sažet prikaz po deonicama i sektorima:

Deonica Pojate - Kruševac (km 0+000–km 27+600)

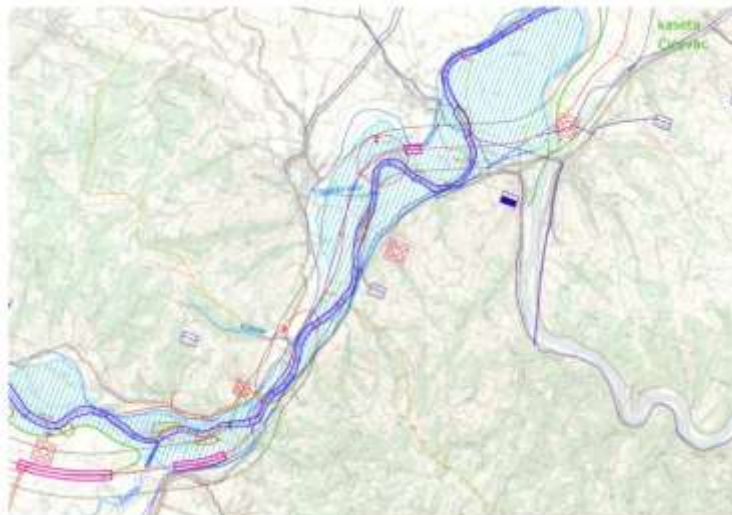
Sektor 1 (km 0+000-km 8+830): od petlje Pojata do mosta preko Južne Morave trasa autoputa delom prolazi kroz potencijalno plavno područje Velike i Južne Morave, dok niveleta autoputa nema potrebnu visinu na nekoliko lokacija. Od mosta preko Južne Morave do kraja sektora trasa autoputa se nalazi u nebranjenom području i realno plavnoj zoni, a niveleta autoputa ima potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave. Na ovom sektoru nema regulacionih radova u zoni većih vodotoka. Projektovan je samo jedan most preko Južne Morave. Nema kritičnih lokacija u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



Slika 1. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 1

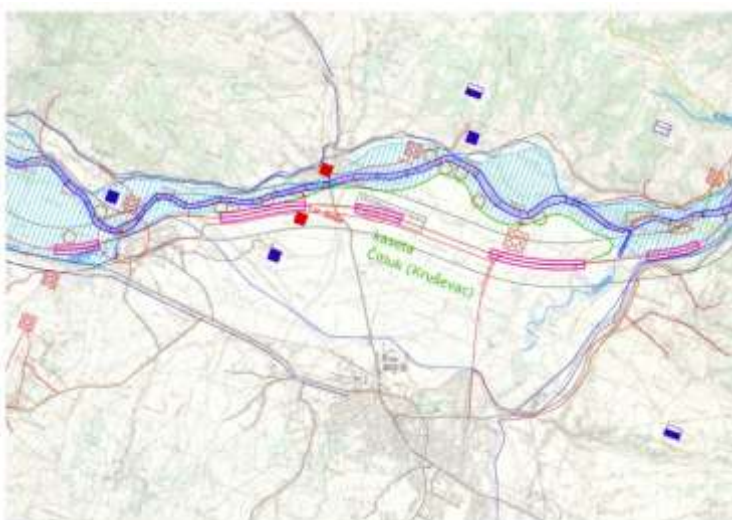
Sektor 2 (km 8+830-km 16+722): od mosta preko Južne Morave do Makrešana trasa autoputa se celom dužinom nalazi u nebranjenom području odnosno realno plavnoj zoni Zapadne Morave. Nisu predviđeni

regulacioni radovi na Zapadnoj Moravi. Projektovana su dva mosta preko Zapadne Morave: most na km 9+844 je dobro postavljen u odnosu na tok i ima potrebnu visinu konstrukcije, dok most na km 16+030 ima loš uticaj na tok Zapadne Morave zbog nepovoljnog ugla i rasporeda mostovskih stubova - boljim rešenjem stubova moguće je umanjiti uticaj konstrukcije. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave na dve lokacije. Takođe, postoje dve kritične lokacije u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



Slika 2. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 2

Sektor 3 (km 16+722-km 27+600): od Makrešana do Koševa trasa autoputa najvećim delom, od Rasine do Čitluka, prolazi kroz potencijalno plavno područje Zapadne Morave. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu na četiri lokacije. Neophodna je rekonstrukcija postojećeg nasipa kasete „Čitluk“. Od početka sektora do Rasine i od visokog terena kod Čitluka do kraja sektora trasa autoputa se nalazi u nebranjenom području i realno plavnoj zoni. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu na dve lokacije u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave. Na ovom sektoru nema regulacionih radova na Zapadnoj Moravi ni novih mostova. Postoje jedna kritična lokacija u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



Slika 3. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 3

Deonica Kruševac (Koševi) - Adrani (km 27+600–km 80+450)

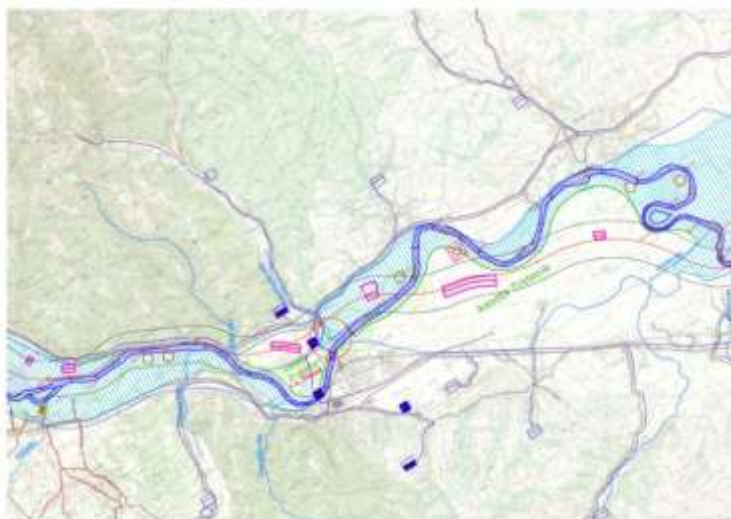
Sektor 4 (km 27+600-km 41+500): od Kruševca (Koševi) do Lopaške reke trasa autoputa se celom dužinom nalazi u nebranjenom području i realno plavnoj zoni Zapadne Morave. Projektovana je regulacija Zapadne

Morave na kraju sektora, odnosno prosecanje postojećeg meandra. Projektovan je novi most preko Zapadne Morave na pristupnom putu kod petlje „Drenova“. Most ima potrebnu visinu konstrukcije. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave na dve lokacije, a na tri kritične lokacije je nepovoljan međusobni položaj autoputa i korita reke.



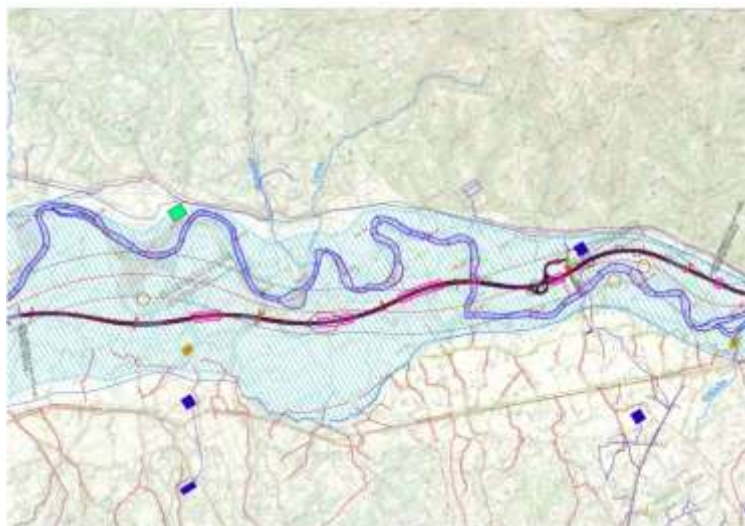
Slika 4. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 4

Sektor 5 (km 41+500-km 55+900): od Lopaške reke do Donje Male trasa autoputa najvećim delom prolazi kroz potencijalno plavno područje Zapadne Morave u kasetama „Trstenik“ i „Zvezdan“. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu na tri lokacije. Nasipi „Trstenik“ i „Zvezdan“ nemaju potrebnu visinu i neophodna je njihova rekonstrukcija. Ostali delovi trase autoputa se nalaze u nebranjennom području i realno plavnoj zoni, a niveleta autoputa na tri lokacije nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave. Projektovana je regulacija Zapadne Morave na početku sektora (nastavak regulacije sa sektora 4) i tri mosta preko Zapadne Morave. Most na km 48+000 ima potrebnu visinu konstrukcije, ali pristupnim rampama sužava već usko major korito i izaziva uspor koji nepovoljno utiče na uzvodni potez. Pri ukrštanju trase autoputa i postojećeg nasipa na desnoj obali Zapadne Morave potrebno je obezbediti nesmetano kretanje mehanizacije po kruni nasipa u vreme redovne i vanredne odbrane od poplava. Preporučuje se da se izmeni konstrukcija mosta da bi se zadovoljili navedeni uslovi i smanjio uspor od konstrukcije mosta. Mostovi na km 51+896 i km 54+369 imaju dovoljnu visinu i ne stvaraju veći dodatni uspor u major koritu usled konstrukcije. Na ovom sektoru postoje dve kritične lokacije u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



Slika 5. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 5

Sektor 6 (km 55+900-km 67+125): od Donje Male do Vrbe trasa autoputa je celom dužinom u nebranjenom području i realno plavnoj zoni Zapadne Morave. Nema regulacionih radova na Zapadnoj Moravi, a projektovan je jedan novi most. Nepovoljan položaj trase autoputa u odnosu na rečni tok prouzrokuje paralelno tečenje sa obe strane autoputa. Ovim je ugrožena petlja „Vrnjačka Banja“. Povoljniji uslovi tečenja mogu se postići ugradnjom serije propusta u telo autoputa pre i posle pomenutog mosta. Takođe, potrebna je i izgradnja nasipa da bi se sprečilo tečenje po neaktivnoj levoj inundaciji, između autoputa i visokog terena na levom kraju doline. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave na četiri lokacije. Na ovom sektoru nema kritičnih lokacija u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



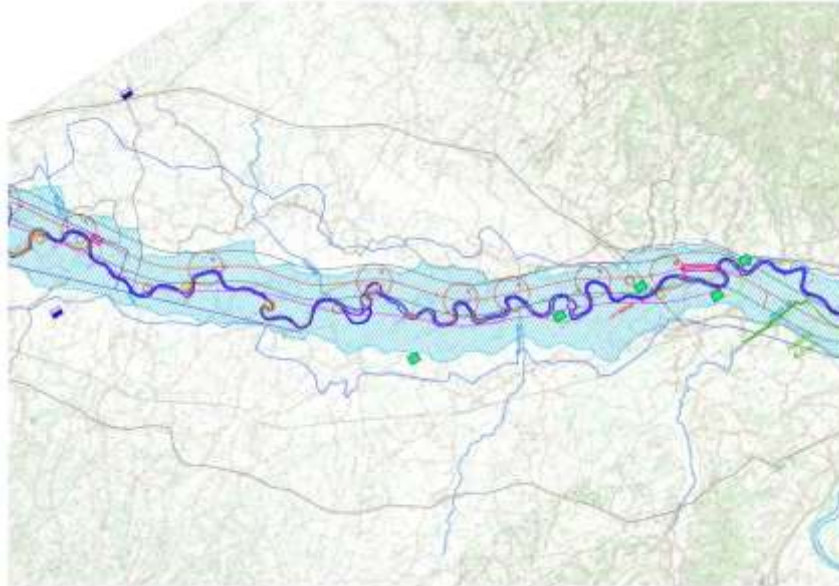
Slika 6. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 6

Sektor 7 (km 67+125-km 80+450): od Vrbe do Adrana trasa autoputa celom dužinom prolazi kroz nebranjeno područje i realno plavnu zonu Zapadne Morave. Projektovani su regulacioni radovi na Zapadnoj Moravi kod Kraljeva na tri poteza da bi se izbeglo ukrštanje tase autoputa sa koritom reke. Takođe, projektovan je jedan most preko Zapadne Morave na pristupnom putu kod petlje „Ratina“. Konstrukcija mosta ima dovoljnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode. Usled mosta i pristupnog puta u nasipu koji blokira tečenje po inundacijama stvara se uspor od oko 1 m. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave na tri lokacije, a na pet kritičnih lokacija je međusobni položaj autoputa i korita reke nepovoljan.



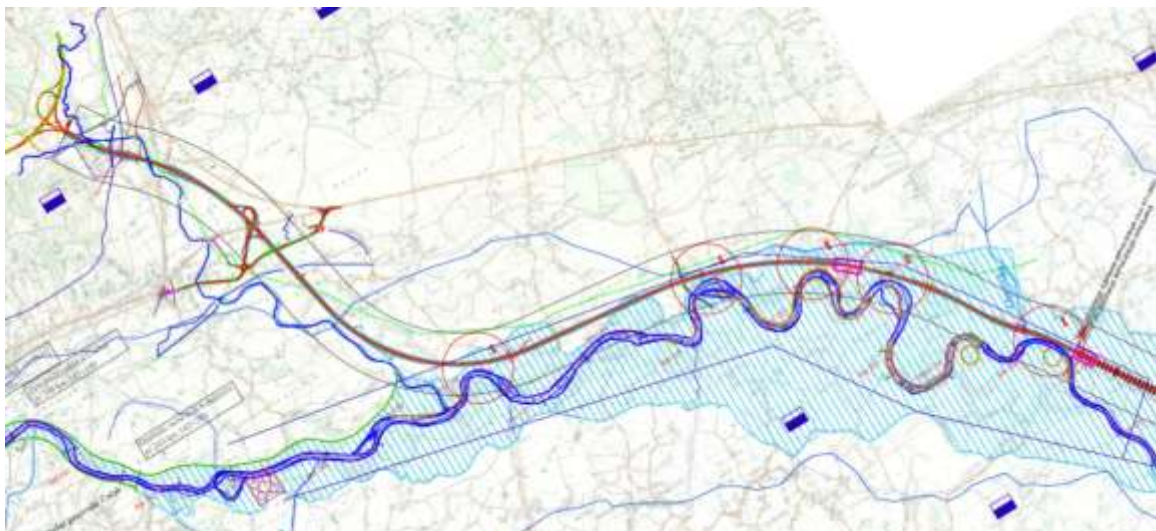
Slika 7. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na sektoru 7

Na deonici Adrani – Mrčajevci (km 80+450-km 98+500) trasa autoputa manjim delom prolazi kroz potencijalno plavno područje Zapadne Morave u kaseti „Adrani“. Nasip kasete „Adrani“ nema potrebnu visinu i neophodna je rekonstrukcija. Ostali delovi trase autoputa nalaze se u nebranjenom području i realno plavnoj zoni. Projektovani su regulacioni radovi na Zapadnoj Moravi u zoni budućeg mosta. Nepovoljan položaj trase autoputa u odnosu na rečni tok prouzrokuje paralelno tečenje sa obe strane autoputa. Ovim je ugrožena petlja „Adrani“. Povoljniji uslovi tečenja mogu se postići ugradnjom serije propusta u telo autoputa pre i posle pomenutog mosta. Takođe, potrebna je i izgradnja nasipa kojim bi se sprečilo tečenje po neaktivnoj desnoj inundaciji, između autoputa i visokog terena na desnom kraju doline. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave na dve lokacije, a postoji sedam kritičnih lokacija u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



Slika 8. Situacija autoputa i vodotoka sa prikazom plavne zone na deonici Adrani-Mrčajevci

Na deonici Mrčajevci – Preljina (km 98+500-km 111+000), odnosno od km 127,2 do km 138,4 po toku Zapadne Morave) trasa autoputa prolazi kroz nebranjeno područje i realno plavnu zonu Zapadne Morave, a deo trase, do petnje „Preljina“ kroz potencijalno plavno područje reke Čemernice. Rekonstrukcija nasipa Čemernice je u toku. Nema regulacionih radova na Zapadnoj Moravi i Čemernici ni novih mostova preko Zapadne Morave. Preko Čemernice su projektovana ukupno tri mosta, dva po trasi autoputa i jedan na pristupnom putu petlje „Čačak“. Niveleta autoputa nema potrebnu visinu u odnosu na nivo 100-godišnje velike vode Zapadne Morave na jednoj lokaciji. Postoji pet kritičnih lokacija u smislu međusobnog položaja autoputa i korita reke.



Slika 9. Situacija autoputa E-761 i vodotoka sa prikazom plavne zone na deonici Mrčajevci-Preljina

6. PREDLOG RADOVA, MERA I PREPORUKE ZA DALJE AKTIVNOSTI

6.1. Predlog zaštite i uređenja vodotoka i priobalja

Kao što se vidi iz prethodne kategorizacije deonica Zapadne Morave i autoputa E-761, sa punom sigurnošću se može očekivati permanentna interakcija vodotoka i autoputa, tokom njegove izgradnje i eksploatacije. Iako će međusobni uticaji biti prisutni i tokom perioda godine u toku kojih će Zapadna Morava ostajati u osnovnom koritu, posebno značajnim se moraju smatrati pojave do kojih će dolaziti kada se Zapadna Morava izlije u nebranjeno područje.

U uslovima 100-godišnje velike vode se u osnovnom koritu mogu očekivati izuzetno velike brzine, a naročito u zonama mostova (do 5 m/s). Brzine na inundacijama su uglavnom do 1 m/s, uz izuzetak pojedinih mostova.

Ovi rezultati su dobijeni primenom linijskog modela hidrauličkog proračuna za uslove 100-godišnje velike vode Zapadne Morave i zato samo ukazuju na moguće procese u rečnom koritu i daju indicaciju slabih mesta na autoputu. Primenjeni model, međutim, ne može da definiše složene uslove koji će nastajati pri tečenju velikih voda dolinom Zapadne Morave tako da nisu poznati efekti retenziranja vode u nekim delovima rečne doline, uslovi opstrujavanja objekata, dinamika uključenja propusta u telu autoputa pri velikim vodama, karakteristike toka na „branjenoj“ strani autoputa (strana autoputa koja nije sa strane reke) i drugi relevantni podaci.

S obzirom na veličinu investicije i značaj autoputa E-761, smatramo da bi bila potrebna detaljnija hidraulička analiza primenom 2D hidrauličkog modela, uz obezbeđenje bolje topografske podloge (digitalni model terena treba obezbediti snimanjem rečnog koridora Lidar tehnologijom).

U projektima autoputa E-761 predviđene su regulacije korita na nekoliko poteza, kako bi se izbeglo izvođenje mostovskih prelaza preko meandara, kao i zaštita mostova. Projektovana trapezna korita se razlikuju po širini u dnu i dubini minor korita. U vezi projektovanih regulacija, ističe se problematično rešenje projektovano od r.km 103+770 do r.km 105+040. Predložena trasa regulisanog korita je dobra samo za male i srednje vode, kada je obezbeđen prolaz kroz konstrukciju mosta. Međutim, pri velikim vodama tok vode neće pratiti regulisano korito, već će dominantno nastaviti desnom inundacijom.

Potrebno je izvesti najneophodnije regulacione radove radi stabilizacije i zaštite ruševnih obala u blizini autoputa. Izvođenje objekata na lokacijama kategorije I se smatra urgentnim, posebno ako je rečna obala nestabilna. Procenjena dužina obaloutvrda iznosi 11850 m. Poželjno je da se postojeće i nove građevine međusobno povežu, a ne sme se dozvoliti da se postojeće građevine uklanjaju ili oštete tokom izvođenja radova na autoputu i drugim objektima u njegovom koridoru. Sve postojeće i nove regulacione građevine zahtevaju stalno održavanje, u skladu sa hidrotehničkim standardima.

6.2. Mere zaštite objekata autoputa koji su izgrađeni u koritu za veliku vodu Zapadne Morave

Na potezima gde je trasa autoputa vođena paralelno sa rekom obavezno je da se izvede obloga ka reci, radi zaštite trupa izvedenog od nasutog materijala. Generalno se u zoni major korita uz trup autoputa ne očekuju velike brzine tečenja u uslovima 100-godišnje velike vode. Međutim, ovaj zaključak se bazira na 1D hidrauličkom proračunu, koji ne može preciznije da definiše uslove u zonama u kojima tečenje ima složene karakteristike (prilazi mostovima, okolina propusta i drugih objekata). U ovim zonama, kao i na kritičnim lokacijama (na kojima je trup autoputa vrlo blizu osnovnog korita) treba predvideti posebne mere zaštite.

Takođe treba uzeti u obzir činjenicu da će, posle izlivanja iz osnovnog korita, voda poplaviti teren i proći kroz brojne otvore na drugu stranu trupa autoputa. Stoga je potrebno da se i druga kosina autoputa adekvatno zaštiti.

Rezultati hidrauličkog proračuna pokazuju da na pojedinim potezima niveleta autoputa nije dovoljno visoka, tako da nije ispunjen uslov da je kota autoputa 1 m viša od kote 100-godišnje velike vode. Na niskim potezima je moguće kotu zaštite postići lokalnim merama, kao što je izgradnja betonskih zidova potrebne visine.

Ponovo se ističe da je proračun nivoa 100-godišnje velike vode Zapadne Morave urađen linijskim (1D) modelom, uzimajući u obzir rešenja data u projektu autoputa E-761 [3]. Ukoliko se uradi dopunska regulacija osnovnog korita, povećaju mostovski otvori ili na nekim potezima, zbog drugih razloga, izvede autoput na stubovima nivo merodavne velike vode će biti niži.

U zonama mostova se mogu očekivati promene u rečnom koritu, odnosno superponiranje opšte i lokalne deformacije rečnog korita. Takođe, određena erozija se može očekivati i na inundacijama, što može ugroziti stubove i oporce mosta.

Napominje se da je na Zapadnoj Moravi već konstatovan proces sniženja dna odnosno opšte erozije, kao posledica promena u slivu i bagerovanja. Nastavak ovog procesa se može očekivati i u budućnosti, tako da ga treba uzeti u obzir prilikom definisanja kote fundiranja mostovskih stubova.

Zaštita mostova na autoputu od nepovoljnih procesa postiže se u principu odgovarajućim dimenzionisanjem proticajnog profila mosta i povoljnim oblikovanjem mostovskih stubova. Cilj je da se uspostavi takav režim tečenja u mostovskom profilu koji neće izazvati eroziju. Ukoliko se konstatuje da bi i pored toga mogla da se očekuje pojava erozionog „levka“ i erozija obala, već u fazi izvođenja treba primeniti mere zaštite korita u zoni mosta.

Generalna je preporuka da se mostovski prelaz izvede sa što manje stubova u koritu, tako da osovina mosta bude upravna na rečni tok, a osovine stubova mosta postavljene u pravcu strujnica. Takođe je značajan oblik mostovskih stubova, jer od toga zavisi veličina poremećaja lokalne strujne slike (najpovoljniji su hidrodinamički oblikovani stubovi). Ove generalne preporuke nisu u potpunosti poštovane u projektima mostova na autoputu. Konstatovano je da stubovi mostova uglavnom nisu postavljeni u pravcu rečnog toka, pri čemu su mostovi kod Stalaća i Grabovca najnepovoljniji sa aspekta uticaja na rečno korito. Na ovim mostovima će stubovi predstavljati prepreku tečenju velikih voda, a može se očekivati i zaustavljanje plivajućeg otpada. Na mnogim mostovima je predviđena zaštita stuba kamenim nabačajem, ali krupnoća

kamena nije dovoljna za date uslove. Nije poznato da li je predviđena zaštita stubova mosta kod Srebrnice i mosta „Zapadna Morava“, a na ovim potezima mogu se očekivati velike brzine u rečnom koritu.

6.3. Rekonstrukcija postojećih nasipa

Na deonici E-761 Pojate-Preljina autoput najpre prolazi kroz područja na desnoj obali Velike Morave koja su zaštićena od 100-godišnje velike vode ove reke i prelazi desni nasip Južne Morave kod Stalaća (nasip na levoj obali se završava neposredno uzvodno). Zatim autoput ide dolinom Zapadne Morave, koja nema kontinualan sistem za odbranu od poplava i nastavlja levim priobaljem reke Čemernice.

Prema rezultatima izvršenih proračuna za uslove 100-godišnje velike vode, nasipi duž Zapadne Morave ni u postojećem stanju rečne doline nemaju dovoljnu visinu. U maju 2014. godine je Zapadna Morava probila nasip kod Adrana i poplavila kraljevačko naselje Grdica, u Trsteniku je na dva mesta probijen levoobalni nasip koji štiti objekte vodovoda, a zatim i desnoobalni nasip kod mosta u Trsteniku. U narednom periodu je potrebno izvršiti rekonstrukciju nasipa duž Zapadne Morave, kako bi se povećao stepen zaštite priobalja. Time će se zaštititi i objekti autoputa na deonicama trase kroz zaštićena područja.

Rekonstrukcija nasipa duž reke Čemernice radi obezbeđenja zaštite od 100-godišnje velike vode ove reke biće izvedena kroz hitne radove, na osnovu projekta urađenog 2016. godine.

6.4. Program praćenja uticaja izgradnje autoputa na režim voda, rečno korito i objekte u priobalju

Sa aspekta veličine uticaja reke na autoput i obrnuto, mogu se izdvojiti dva perioda u toku godine: (1) period kada su uslovi redovni: nivo vode niži od obala osnovnog korita i (2) period kada su uslovi vanredni: nivo vode je viši od obala osnovnog korita i odvija se tečenje po inundacijama, koje zavisi od karakteristika velikih voda, priobalnog terena, faze radova na autoputu i drugih parametara.

Uticaji nastali tokom izvođenja autoputa E-761 se mogu odraziti na hemijski i ekološki status vodnih tela Zapadne Morave, najnižvodnije vodno telo Južne Morave, kao i na vodna tela Velike Morave nizvodno od ušća Zapadne Morave u Veliku Moravu.

Koliko nam je poznato, za usvojenu trasu autoputa nije urađena Studija uticaja na životnu sredinu po proceduri predviđenoj zakonom. Studija uticaja na životnu sredinu svakako treba da definiše jasne zahteve u pogledu monitoringa uticaja autoputa na životnu sredinu, uključujući i uticaje na vodu i vodene ekosisteme (kvalitet, biodiverzitet, staništa itd.), kako tokom izgradnje tako i tokom eksploatacije, kao i u pogledu karaktera uticaja (jednokratni, trajni, permanentni, povremeni, itd.).

Tokom eksploatacije potrebno je pratiti stanje rečnog korita, snimanjima koja obuhvataju najmanje snimanja rečnog dna u zoni mostova i praćenje stanja rečnih obala. Uslov za uspostavljanje programa praćenja je kompletno snimanje rečnog korita i kartiranje ruševnih obala po završetku radova na autoputu.

6.5. Pozajmišta i deponije materijala za izgradnju autoputa

Ukupna potrebna količina materijala za nasip autoputa je 20,1 milion m³, što uz procenu da jalovina (humus itd.) čini 20-30% iskopanog materijala, dovodi do zaključka da je potrebno obezbediti pozajmišta koja mogu da daju bruto 25 do 26 miliona m³.

Ove količine se ne mogu obezbediti bagerovanjem iz postojećeg osnovnog rečnog korita, jer su one ograničene na 300-400.000 m³ godišnje i to na celoj dužini vodotoka. Iz projektovanih regulacija rečnog korita u okviru projekta autoputa E-761 se može dobiti bruto količina 1.100.000 m³, neto oko 800.000 m³. Takođe, bilo bi dobro da se kompletno regulišu deonice Adrani-Mrčajevci (približna dužina 15 km) i Mrčajevci-Preljina (dužina 7,64 km), koje u sadašnjem stanju odlikuje izrazito lutanje rečnog korita.

Regulacijama bi se eliminisalo više uzastopnih oštih krivina i brojni lokaliteti ruševnih obala, koje bi inače trebalo štiti. Iz ovih regulacija bi se dobilo bruto 6.340.000 m³, neto oko 4.970.000 m³ materijala za izvođenje trupa autoputa. Preostale potrebne količine (bruto 18.560.000 m³) se moraju obezbediti eksploatacijom aluvijalnih slojeva iz pozajmišta u rečnoj dolini ili iz pozajmišta van rečne doline.

Kako neće biti viška materijala nastalog izvođenjem autoputa, neće biti ni trajnih već samo privremenih deponija na vodnom zemljištu. Generalna je preporuka da se deponije i separacije ne formiraju u protočnom delu nebranjene inundacije, sa „rečne“ strane autoputa već sa druge strane, gde se ne očekuje tečenje vode. Takođe, deponije ne treba formirati uz nebranjenu nožicu postojećih nasipa, jer povišenje nivoa voda koje one izazivaju može ugroziti njihovu sigurnost.

6.6. Plan postupanja u vanrednim uslovima

Sigurno je da će se tokom izvođenja autoputa, koje traje nekoliko građevinskih sezona, više puta javiti vanredni uslovi odnosno velike vode Zapadne Morave i pritoka (Ibar, Rasina i brojni vodotoci 2. reda). Velike vode na Zapadnoj Moravi javljaju se u bilo kom periodu godine, kao posledica jakih kiša u slivu. U najnovijem periodu su se javile u maju 2014, martu 2015 i novembru 2016. godine.

Posebno se ističe da Zapadnu Moravu odlikuje kratko vreme podizanja talasa od niskih i srednjih vodostaja do nivoa velikih voda: 1 dan (h.s. Miločaj) do 2 dana (h.s. Jasika). Ukupno vreme najave odnosno period od momenta kada RHMZ izda prognozu ili upozorenje do formiranja vršnog protoka poplavnog talasa u razmatranom profilu je 2-3 dana.

Kako ne bi dolazilo do većih problema na gradilištu autoputa tokom vanrednih uslova, potrebno je uspostaviti sistem za obaveštavanje i uzbuđivanje u slučaju nailaska velikih voda. Takođe je potrebno pripremiti plan postupanja u vanrednim uslovima, u kome bi se definisao, između ostalog, plan evakuacije mehanizacije na siguran teren (prohodnost pristupnih puteva, parkiranje) i drugo.

7. ZAKLJUČCI

Izvođenje autoputa E-761 u dolini Zapadne Morave je poduhvat bez presedana u srpskoj hidrotehničkoj praksi, tako da nema prethodnih domaćih iskustava koja bi ukazala na potencijalne probleme tokom izvođenja i eksploatacije objekta.

Uložen je veliki napor da se sagledaju uslovi u kojima će se odvijati interakcija između rečnog korita i autoputa, na osnovu relativno oskudnih podloga i korišćenjem linijskog modela za hidrauličke proračune. Stoga prikazani rezultati samo ukazuju na moguće procese u rečnom koritu i daju indicaciju slabih mesta na autoputu.

Na potezu Pojate – Preljina je na dužim potezima predviđena zaštita rečnih obala novim obaloutvrdama, a ukazano je i na neodgovarajuća projektovana rešenja mostova i regulacija korita.

Predloženo je da se uradi rekonstrukcija postojećih nasipa, jer se time postiže zaštita priobalja od velikih voda, a samim tim i zaštita autoputa. Nije predložena izgradnja novih nasipa jer bi se time samo pogoršao režim velikih voda Zapadne Morave. Jedina druga mera zaštite od velikih voda je formiranje novih prostora za prijem velikih voda (retenzija), jer bi se time smanjili nivoi velikih voda u dolini Zapadne Morave i kompenzovao uticaj izgradnje autoputa. Ove mere bi mogle da se planiraju samo na pritokama Zapadne Morave. Pitanje finansiranja izgradnje/rekonstrukcije vodnih objekata i sprovođenja mera zaštite od štetnog dejstva voda mora biti predmet dogovora putne privrede i sektora voda.

Literatura

- [1] *Generalni projekat uređenja Zapadne Morave*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2008. godina
- [2] *Vodoprivredna osnova Republike Srbije - Hidrometeorološke podloge*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ a.d. i Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd, 2009. godina
- [3] *Idejni i glavni projekti autoputa E-761 od Pojata do Preljine*, Saobraćajni institut CIP i Institut za puteve, Beograd, 2012. godina
- [4] *Hidrotehnička studija koridora autoputa E-761 - deonica Pojate-Preljina*, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 2016. godina

USKLAĐIVANJE VODOPRIVREDNIH I AUTOPUTNIH REŠENJA HOČKOG VODNOG ČVORA

Dr. Krajnc Uroš, dipl. ing.

¹ Institut za ekološki inženiring d.o.o., Maribor

Boris Stergar, dipl. ing.

² Biro za projektiranje in inženiring d.o.o., Maribor d.o.o., Maribor

Rezime:

U mestu Hoče kod Maribora postoji veliki čvor na autoputu Slovenika iz pravca Celja sa jednim ogrankom u pravcu Ptuja i granice sa Republikom Hrvatskom, a drugi ide pored Maribora prema granici sa Republikom Austrijom, dok je treći ogranak poluautoput za centar Maribora.

Na to područje slivaju se bujice sa Pohorja koje poniru u aluvijalnom Dravskom polju. Podzemne vode Dravskog polja su važne za vodosnabdevanje čitavog regiona. Dakle, bilo je potrebno da se traži usaglašavanje tehničkih rešenja odvođenja površinskih voda, uzimajući u obzir najnovija tehnološka saznanja o uređenju i zaštiti režima voda, vodenog sveta i životne sredine.

Zbog eventualnog katastrofalnog zagađenja izvorišta podzemne vode izgrađen je i dodatni veštački podzemni kolektor pored postojeće šljunkare u Hočama. Odvodnjavanje jednog sektora autoputa ima ispust u šljunkaru, pre ispusta je izgrađeno postrojenje za prečišćavanja meteorskih voda sa autoputa.

Ključne reči: gradnja autoputa, hočki vodni čvor, zaštita izvorišta pijaće vode, monitoring.

Abstract:

In the town of Hoče close to Maribor in Slovenia, there is a large node on the Slovenika motorway from the direction of Celje with one branch in the direction of Ptuj and the Slovenian-Croatian border, another close to the city of Maribor in the direction of the Slovenian-Austrian border and the third branch is the express road in the direction of the centre of Maribor.

Streams from Pohorje that infiltrate into the alluvial Drava Field flow into the area. Drava Field ground water is of great importance for the water supply of the entire region. For this reason, technical solutions pertaining to the drainage of surface waters that comply with the current state of the art of regulating and protecting water regimes, watercourses and their surroundings are required.

An additional artificial infiltration basin nearby the existing Hoče sandpit has been constructed for the event of a catastrophic contamination of ground water sources. The drainage of one stretch of the motorway runs off into the sandpit. A facility that treats storm water from the motorway has been constructed before the runoff.

Keywords: motorway construction, Hoče water node, ground water resource protection, monitoring

1. UVOD

Izgradnja autoputeva u Republici Sloveniji u velikoj meri ide kroz aluvijalne doline koje, osim saobraćajnih prednosti (tuda su prolazile i trase rimskih puteva), imaju i sledeće karakteristike: najrazvijenije poljoprivredne površine, zalihe pijaće vode i zalihe građevinskog materijala šljunka. Odličan primer područja, gde se sreću sva tri dara prirode, je područje Hoča kod Maribora.

Deonice autoputa Pesnica – Slivnica i Draženci – Gruškovje idu kroz vodozaštitno područje, jedno od najbitnijih područja zaliha pijaće vode u severoistočnom delu Slovenije, koje pijaćom vodom snabdeva Gradsku opštinu Maribor i šesnaest drugih opština.

Projekti izgradnje puteva utiču na životnu sredinu na dva načina: samom gradnjom i kasnije svojim radom odn. funkcionisanjem. Uticaje prilikom izgradnje autoputeva možemo da razvrstamo u sledeće oblasti: eksproprijacija površina, uticaji preparcelacije, emisije i imisije stranih materija (proces sagorevanja; gubici u malim koracima; habanje; nezgode i nezgode prilikom transporta, hemikalije); održavanje puteva, emisija buke i promena reljefa i izgleda prostora. Posebno velika opasnost za površinski vodu postoji prilikom izgradnje novih puteva. Tako podzemne vode mogu biti ugrožene korišćenjem građevinskih materijala koji

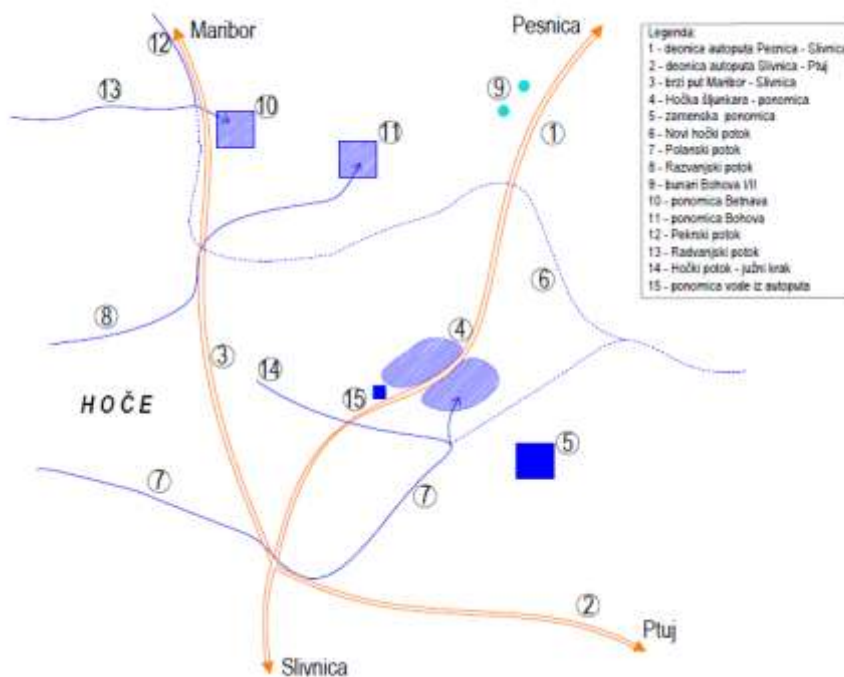
sadrže sastojke, koji mogu štetno da deluju na vodu prilikom zemljanih i temeljnih radova. Jednokratno zagađenje predstavljaju nezgode prilikom transporta opasnih materija.

Hidrogeološke situacije napajanja bohovskih bunara (jedan od izvora pijaće vode Mariborskog vodovoda) i njihova izdašnost ukazivali su na to da bi bohovski bunari mogli biti ugroženi s obzirom na smer toka površinske vode u slučaju nezgoda sa opasnim materijama na potezu autoputa između BDC i Bohove. Unos opasnih materija može se desiti u površinsku vodu neposredno preko infiltracije ili transportom u kanalizaciju i površinsko odvodnjavanje u oblast bunara. Iako takvi događaji mogu biti verovatni, njihova učestalost je toliko mala da zbog planiranja puteva nije potrebno otpisivati te bunare za snabdevanje vodom. Bilo je potrebno izgraditi put sa odgovarajućim standardom zaštitne nadzemne vode i obezbediti rezervu izvora vode za slučaj takvih ekoloških nezgoda. Napuštanje bunara nije bilo prihvatljivo, jer su sa sličnim rizikom suočena i ostala crpna mesta pijaće vode na Dravskom polju.

Zbog navedenog bilo je potrebno u datoj situaciji obezbediti tehničku i pravnu zaštitu podzemnih voda i snabdevanja vodom.

Tehnička zaštita podzemnih voda i snabdevanja vodom mogla se ostvariti izborom konstrukcionih rešenja, materijala, zaštitnih i kontrolnih postupaka s obzirom na stanje tehnike. Naravno, autoput u datom slučaju nije se mogao izgraditi apsolutno bezbedno bez obzira na gore nabrojane principe. Deo investicije i promena vodenog režima u površinskom odvodnjavanju Pohorja koje je u neposrednoj vezi sa površinskom vodom i snabdevanjem vodom. Pravnu bezbednost sa stanovišta trećih lica u vezi sa izgradnjom autoputa bilo je potrebno odrediti u izmenama planskih dokumenata i u lokacionom planu. Gradska opština Maribor obavezala je investitora da je odgovoran za posledice prema trećim licima (snabdevanje vodom) u vreme izgradnje i eksploatacije autoputa. Te odredbe sadržala je Odluka o prostornom planu i Uredba o lokacionom planu. Simulacijom dešavanja odredili smo mere za sanaciju nezgoda i odredili vreme za snabdevanje vodom i aktiviranje vodenih resursa.

Izabrana trasa autoputa ide po dijagonali Hočkog kolektora (ponornice), što je značilo: smanjivanje kapaciteta poniranja vode, dodatni unos hranjivih materija (CO₂, NO_x, P, ...) i dodatnu opasnost od zagađenja Hočke ponornice.



Slika 1. Šema Hočkog vodnog čvora i autoputeva

2. IZGRADNJA AUTOPUTEVA I POLUAUTOPUTEVA U BLIZINI MARIBORA

2.1 Autoputni čvor Slivnica

Slovenija je jedna od centralnih zemalja alpsko - jadranskog regiona, a to snažno utiče na njen saobraćajni značaj. Nalazi se u prostoru koji znači prelaz iz alpskog sveta u široku panonsku niziju s jedne strane, a s druge strane se otvara na Jadransko more. Začeci izgradnje autoputeva u Sloveniji datiraju iz 1972. godine, kada je izgrađena deonica Vrhnika – Postojna, uskoro zatim, 1974. godine Postojna – Razdrto i 1977. poluautoput Hoče – Arja vas.

Sve te deonice nalaze se na današnjem autoputu A1: Šentilj (granica sa Republikom Austrijom) - Srmin (čvor kod Kopra, gde se jedan krak poluautoputa odvaja prema Portorožu i dalje prema Istri, a drugi krak prema Škofijama odnosno granici sa Republikom Italijom).

Izgradnja autoputeva u Sloveniji 1977. godine je praktično zaustavljena, a nastavljena je tek posle osamostaljenja Slovenije, kad je Skupština dana 15.11.1995. usvojila »Nacionalni program izgradnje autoputeva u Republici Sloveniji«. Kao primarni pravac određen je autoput A1, iako su paralelno izvođene i deonice na pravcu A2 Karavanke – Obrežje. Ta dva pravca autoputeva A1 i A2 predstavljaju osnovni krst autoputeva Republike Slovenije, koji sa granama A3 Gaberk – Fernetiči, A4 Slivnica – Gruškovje (granica sa Republikom Hrvatskom) i A5 Maribor – Pince (granica sa Republikom Mađarskom), kao i sa nekoliko deonica poluautoputeva čine mrežu ukupne dužine 610 km, a u izgradnji je i poslednja deonica na trasi autoputa A5 Draženci – Gruškovje u dužini od 13 km.

2.2 Autoput A1, deonica Pesnica – Slivnica, dužine 17,8 km

Ova deonica predstavlja jednu od najvažnijih deonica autoputa, ne samo u Sloveniji, već i u evropskom prostoru. Objedinjuje dva panevropska koridora, i to koridor 5: Venecija – Ljubljana – Maribor – Budimpešta – Kijev, i koridor 10, granu A: Grac – Maribor - Zagreb – Beograd - Niš – Skoplje – Solun. Čvorišta autoputa, gde se panevropski koridori spajaju, su Dragučova, severno od Maribora, i Slivnica, južno od Maribora.

Deonica autoputa Pesnica – Slivnica znači istovremeno i najveći dobitak za grad Maribor, jer je pre njegove konačne izgradnje 2009. godine kompletan saobraćaj na gore pomenutim koridorima prolazio kroz grad, pre svega onaj na koridoru 10, a posle ulaska Slovenije i Mađarske u Evropsku uniju 2004. godine i onaj na koridoru 5.

Deonica počinje na priključku poluautoputa kroz Maribor u opštini Pesnica pri Mariboru. Posle prelaska iz doline reke Pesnice prelazi u brdovitu oblast obronaka Slovenskih gorica, koja je sa morfološkog i geološkog aspekta jedna od najzahtevnijih oblasti u Sloveniji. Zato nije čudno, što na samo otprilike 6 km trase ima 7 vijadukata, 1 tunel i 1 pokriveni ukop, a stabilnost trase obezbeđuje 7 sidrenih pilotnih zidova.

Posle prelaza iz brdovite oblasti trasa odmah prelazi reku Dravu i dovodni kanal HE Zlatoličje sa drugim najdužim mostom u Sloveniji dužine 790 m, a zatim prelazi u ravninu Dravskog polja. Kao što je već rečeno, deonica se završava na čvoru Slivnica, gde se osim autoputa A4 Slivnica – Gruškovje spaja i južni krak poluautoputa kroz Maribor. Autoput se gradio od 2002 do 2009.

2.3 Autoput A4, deonica Slivnica - Draženci, dužine 19,75 km

Kao što je već rečeno, autoput A4 nalazi se na Panevropskom koridoru 10 koji smo nekada zvali Pirnskim autoputem, nazvanom po planinskom sistemu Pirn u Austriji, koji je taj evropski autoput probio sa dva tunela ukupne dužine otprilike 14 km.

Deonica Slivnica – Draženci građena je 2007 - 2009. godine i bitno je promenila saobraćajne prilike između Maribora i Ptuja, jer je sa državnog glavnog puta G1-1 preuzela sav tranzitni saobraćaj i veliki deo regionalnog saobraćaja, koji je do tada prolazio kroz gusta naselja.

Trasa u celini ide po ravnini Dravskog polja, gde preovlađuju poljoprivredne obradive površine, dva puta prelazi železničku prugu, prugu Ljubljana – Šentilj kod Slivnice i prugu Pragersko – Ptuj kod Hajdine. U

početnom delu trasa ide južno od aerodroma Maribor, a u oblasti Prepolja približava se kanalu HE Zlatoličje. Ova deonica autoputa danas se završava kod naselja Draženci južno od Ptuja, a u izgradnji je već i poslednja deonica između Draženaca i Gruškovja koja će, kao se predviđa, u celini biti predata u saobraćaj sredinom 2019. godine.



Slika 2.: Hočki vodni čvor i autoputevi

3. HIDROGEOLOŠKE PRILIKE

3.1. Dravsko polje

Dravsko polje je velika tektonska rupa mladog nastanka, nastala propadanjem, koju je u deluvijumu zatrpao nanos reke Drave i njenih pritoka s Pohorja. Zbog brzog prelaska iz uske doline u široko Dravsko polje reka Drava počela je da odlaže svoj transportovani materijal u obliku lepezaste gomile koja je najviša u gornjem delu Dravskog polja i koja se prema Ptuju smanjuje i gubi. Nanosi šljunka su doveli do toga da je većina pohorskih potoka morala da pronađe odvod uz ivicu šljunkovitog nasipa, i to prema Pragerskom.

Podzemne vode Dravskog polja uglavnom napajaju direktno padavine celokupne padavinske oblasti koje propadaju kroz propusne gornje slojeve i napajaju podzemni rezervoar vodonosnog sloja podzemnih voda. Delimično ih napajaju i pohorski potoci sa istočnih padina Pohorja, pre svega potoci od Maribora do Frama. Potoci južno od Frama teku u slabo propusnom području močvara, obraslih niskim rastinjem, i puteve stoke do pojila, i u manjoj meri se infiltriraju u podzemne vode. Kasnije su se svi ti potoci preusmerili u napuštene šljunkare koje su dobile namenu ponornica.

Hidrogeološka istraživanja su pokazala da na Dravskom polju postoje tri međusobno više ili manje oštro podeljena hidrogeološka entiteta. Svaki od tih entiteta ima svoj sopstveni pozadinski sistem napajanja padavinama, odvoda i dreniranja podzemnih voda. Područje Hoča pripada severnom hidrogeološkom entitetu.

3.1. Severoistočni pohorski potoci

Sedamdesetih godina prošlog veka izrađen je koncept uređenja severoistočnih potoka sa očuvanjem ponornica pohorskih voda i u regulisanim prilikama odvodnjavanja i dogovorena je lokacija sadašnje šljunkare u Hočama kao odgovarajuće za kasnije korišćenje u vodoprivredne svrhe za zamensko poniranje voda severoistočnih potoka. U periodu od 1982. do 1986. vršena su obimnija hidrogeološka istraživanja Dravskog polja sa izradom matematičkog hidrodinamičkog modela kretanja podzemnih voda u postojećim okolnostima, sa pretpostavkom regulisanja vodotokova i zahvatanja podzemnih voda. Izvršena su i posmatranja isparavanja i poniranja padavina u lizimetrijskoj stanici Bohova, izvršena su posmatranja kretanja nivoa podzemnih voda u oblasti same šljunkare u Hočama. S obzirom na dodatna hidrogeološka

istraživanja, studije, merenja, utvrđeno je da hočka šljunkara (bagersko jezero) gubi svrhu zadržavanja visokih voda severoistočnih pohorskih potoka. Tu funkciju je preuzeo novi Hočki potok - novi otvoreni sistem odvoda sa ispuštom u energetski kanal SD I ispod Miklavža. Izgradnja autoputa Pesnica - Slivnica i poluautoputa Slivnica - Maribor usloveli su nov koncept odvodnjavanja severoistočnih pohorskih potoka. Sastavni deo tog koncepta bio je i novi Hočki potok.

Izabrana trasa autoputa ide po dijagonali Hočke šljunkare, što je značilo: smanjenje kapaciteta poniranja, dodatni unos hranjivih materija (CO_2 , NO_x , P, ...) i dodatnu opasnost od zagađenja Hočke ponornice. Zato smo pregledali dosadašnji koncept vodoprivrednog uređenja tangiranih severoistočnih pohorskih potoka, dopunili hidrološku analizu pritoka na osnovu novih hidroloških podataka i podataka o dinamici podzemnih voda Dravskog polja na predmetnom području, izradili analizu zagađivača pozadinskih površinskih pritoka i podzemnih voda, izradili analizu limnoloških procesa u ponornici Hoče i uticaj na kvalitet podzemnih voda Dravskog polja i procenili uticaj izgradnje tela puta u ponornici – šljunkari Hoče i na količinske uslove poniranja te na uslove kvaliteta poniranja.

Osnovni koncept očuvanja hidrološkog bilansa podzemnih voda Dravskog polja diktirao je očuvanje poniranja severoistočnih pohorskih potoka u ponornicama Betnava, Bohova i pored Bohovskih bunara. Polanski potok i južna grana Hočkog potoka ponirali su u kanalima uz prugu. Novi koncept odvodnjavanja severoistočnih pohorskih potoka predviđao je izgradnju korita Polanskog potoka i južne grane Hočkog potoka do novog Hočkog potoka. Za očuvanje hidrološkog bilansa podzemnih voda ovog dela Dravskog polja bilo je potrebno regulisati poniranje niskih i srednjih voda u slivnom području području crpnih mesta u Dobrovca. U tu svrhu mogla se koristiti Hočka šljunkara (bagersko jezero). Iz nastavka teksta je vidljivo da korišćenje Hočke šljunkare (bagerskog jezera) uz tadašnji kvalitet vode u potocima i eutrofikacione procese nije bilo moguće. Zato smo predvideli izgradnju dodatnih ponornica i dubinske galerije u blizini Hočke šljunkare. Tu je poštovan princip da se na veštački način obezbeđuje poniranje nadzemnih voda u površinske vode u kontrolisanim upravljanim tehničkim sistemima (kolektor Betnava 800 l/s ; Betnava do 400 l/s; Hočki kolektor do 1000 l/s)

Od iskopa šljunka u podzemne vode i time nastanka bagerskog jezera osamdesetih godina prošlog veka praćen je kvalitet podzemnih voda u Hočkom jezeru u dva piezometra iznad jezera i tri ispod jezera, a istovremeno i u jezeru. Opšti nalazi tih merenja su bila da je kvalitet podzemnih voda i vode u jezeru bio uglavnom ispod MDK za pijaću vodu, a povremeno je kvalitet bio lošiji (olovo, cijanidi, ulja, fenoli, policiklični aromatski ugljovodonici, nitriti, kadmijum).

Godine 1995. izvedena su limnološka merenja. Rezultati merenja su pokazali da je jezero bilo izrazito stratifikovano. Oblik profila kiseonika i sadržaj hlorofila kao pokazatelja prisustva fitoplanktona ukazuje na eutrofikaciju jezera, što su već prognozirale studije od pre deset godina. Posledice eutrofikacije znače i opasnost za zdravlje ljudi. Cijanobakterijski toksini mogu dovesti do probavnih smetnji i kožnih lišajeva kod plivača u rekama i jezerima, na čijim površinama pliva korica od algi.

Kolmacija bregova i dna kolektora sa finim frakcijama nasipnih materijala utiče na količine uslove poniranja prilikom izgradnje autoputa.

S obzirom na prikupljene podatke, u Hočkoj ponornici - bagerskom jezeru - bilo su prisutni eutrofikacioni procesi. Studija iz 1985. godine najavila je eutrofni režim vode u šljunkari bez obzira na to, da li će cirkulisati samo podzemne vode ili će u šljunkaru biti dovedeni i severoistočni pohorski potoci (u to vreme je još bila aktuelna varijanta sa poniranjem svih severoistočnih pohorskih potoka u šljunkaru). U slučaju protoka samo podzemnih voda data je prognoza za oligotrofno jezero, a za slučaj da bi u ponornicu sproveli severoistočne pohorske potoke, hipereutrofno jezero. Vremena zadržavanja u Hočkom bagerskom jezeru grubo procenjujemo na 275 dana pri površini šljunkare od 21 ha i 450 dana pri površini od 35 ha.

Tadašnje stanje jezera smo mogli s obzirom na limnološka merenja 1995. godine prema parametrima hlorofil a i *Seccijeva* dubina, da opišemo kao mezoeutrofno sa jasnom tendencijom intenziviranja eutrofikacije s protokom vremena (razlika između starijeg severnog dela jezera i mlađeg južnog jezera). Takva intenzivna eutrofikacija, zbog deficita kiseonika u dubljim slojevima vode, dovodi do oslobađanja amonijaka, sumporvodonika, metana i redukcije gvožđa i mangana.

Posledice eutrofikacije znače i opasnost za zdravlje ljudi. Otprilike 25 vrsta cijanobakterija proizvodi tri vrste toksina: neutrotoksine, hepatotoksine i lipopolisaharide. Najrasprostranjeniji su hepatotoksini, koje prouzrokuju vrste *Microcystis*, *Oscillatoria* i *Anabaena*. Leto 1989. godine bilo je karakteristično za evropske

države po cvetanju toksičnih algi u eutrofikovanim jezerima i akumulacijama. Iako su efekti na zdravlje ljudi relativno mali, u javnosti su oni i briga za očuvanje kvaliteta voda prouzrokovali veliko interesovanje.

Izračunavanje odnosa N/P kao pokazatelja hranjivih materija, kad ograničava primarnu produkciju, pokazuje da je tokom početnih godina posle nastanka jezera odnos bio prilično nizak, a kasnije se prilično povećao (1988. godine 2.7, 1990. godine 3.7, 1992. godine 16.5, 1993. godine 9.7, 1994. godine 95.0, a 1995. godine odnos je bio 74 odnosno 599. Dakle, sada je limitirajuća hranjiva materija eutrofikacije fosfor. I merenja kvaliteta severoistočnih pohorskih potoka 1995. godine utvrdila su odnos N/P između 20.3 i 599, u Polanskom potoku 21.7, u potoku iz Črete 175.9 i južnoj grani Hočkog potoka 562.

Iz hidrologije znamo da su srednje godišnje vode celokupnog sistema ranga 300 l/s, a količina ispranog fosfora 1838.5 kg P/godinu, što generiše koncentraciju ranga 0.2 mg P/l u objedinjenim potocima (Polanski, iz Črete, Hočki - južna grana) pre poniranja. Te vrednosti su u skladu sa merenjima kvaliteta potoka iz 1995. godine.

Pošto je u slučaju bagerskog jezera u Hočama limitirajuća hranjiva materija fosfor, upotrebili smo *Wollenveiderov* model za prognozu daljih eutrofikacionih procesa.

U slučaju da će se kroz jezero pretakati samo podzemne vode, uz srednju dubinu jezera od 7 m i zapreminu od 1.487.500 m³ srednje godišnje vreme zadržavanja je, uz sadašnju veličinu jezera, ranga 270 dana. Uz srednji godišnji protok od 63 l/s, godišnje opterećenje jezera biće 397.3 mg P/m³.godinu. To znači po modelu prognoza eutrofnog do hipereutrofnog stanja. U slučaju da u ponornicu dovedemo i površinske dotoke, opterećenje fosforom će se povećati na 2235 kg P/godišnje. Ako uzmemo u obzir srednju visinu vode u jezeru od 9 m i tako dobijenu zapreminu 1.912.000 m³, opterećenje će u tom slučaju iznositi 1170 mg P/m³ godišnje, a u tom slučaju će jezero biti gotovo hipereutrofno.

Rezultati *Wollenveiderog* modela su prognozirali da smo očekivali u Hočkoj šljunkari - bagerskom jezeru dalje intenziviranje eutrofikacionih procesa i u tadašnjoj situaciji, kad se kroz jezero samo pretaču podzemne vode. Ti eutrofikacioni procesi bi bili u slučaju, da u šljunkaru dovedemo pohorske potoke pri sadašnjem kvalitetu, biti još intenzivniji.

Koncept zaštite kvaliteta vode u kolektoru, koja je nekad imala praktično kvalitet pijaće vode, a pre izgradnje autoputa su ga već načeli eutrofikacioni procesi, predviđao je da se kanalizacija za odvođenje meteorskih voda sa kolovoza i bregova ukopa reguliše tako, da bude odvedena kroz vodonepropusne cevi izvan područja Hočke ponornice. Za poniranje niskih voda Polanskog i Hočkog potoka (južna grana) bilo je potrebno preuređenje Hočke ponornice (dodatna polja za poniranje). Korišćenje Hočke šljunkare (bagerskog jezera) uz tadašnji kvalitet vode u potocima i eutrofikacione procese nije bilo moguće bez čišćenja tih voda. Kao rezervu smo predvideli izgradnju dodatnih ponornih polja i dubinske galerije u blizini Hočke šljunkare. Lokacija dodatnih polja za poniranje je između postojećeg jezera i korita novog Hočkog potoka.

3.3 Bunari Bohova

Bunari u Bohovi su u prvom hidrogeološkom entitetu, kao i bunari u Betnavi, Teznom i TAM-u. Crpnu stanicu Bohova čine dva bunara Bohova I i II. U bunaru I montirana su dva vertikalna crpna agregata kapaciteta 19.5 l/s agregat kapaciteta 40 l/s, jedan agregat je rezerva. U bunaru II montirane su dve pumpe kapaciteta 40 l/s i potapajuća pumpa kapaciteta 50 l/s, jedna pumpa je rezerva.

Pošto se autoput približio najaktivnijem bunaru II u Bohovi na otprilike 150 m, uradili smo procenu vremena dotoka za nepovoljniji slučaj uz veći koeficijent propusnosti (3,35.10⁻³ m/s) i niži nivo podzemnih voda (debljina vodonosnog sloja 6 m) i pumpanje 50 l/s iz bunara II. Uz procenu prosečnog pada nivoa podzemnih voda $i=0,011$ i efektivne poroznosti $n=0,1$ vreme dotoka iznosi 31.8 dana.

Za uticaj na crpno mesto u Bohovi zanimljiv je i Bohovski kolektor uz železničku prugu koji je od oba crpna mesta udaljen otprilike 800m. Uz uzimanje u obzir već iznad pomenutih podataka i prosečni pad $i=0.005$, vreme dotoka iz tog kolektora do oba bunara je otprilike 60 dana.

Za oblast Bohovskih bunara izradili smo i model toka podzemnih voda. Iz rezultata modela bilo je vidljivo da je i uz te uslove deo autoputa u radijusu uticaja bunara, a deo na granici. Svakako se granica uticaja bunara u slučaju različitih hidrogeoloških režima i količine ispumpanja menja.

4. KONFLIKT IZGRADNJA AUTOPUTA I ZAŠTITA IZVORA PIJAĆE VODE

Veza uticaja, koji nastaju zbog predviđene izgradnje puta, između puta/saobraćaja i životne sredine je veoma kompleksna i teško se može zamisliti u celini. Teoretska razmišljanja zasnivaju se na određenom odgovarajućem pojednostavljivanju podataka. Taj prelaz iz određene grane nauke u primenljiv model procene rizika za životnu sredinu ne odvija se bez problema.

Projekti izgradnje puteva utiču na životnu sredinu na dva načina: samom gradnjom i kasnije svojim radom odn. funkcionisanjem. Dakle, ovde treba posmatrati pripadajuće uticaje u različitoj vremenskoj dimenziji: vremenski ograničeni (prolazni) uticaji i trajni uticaji, uticaji tokom izgradnje i tokom rada odn. funkcionisanja. U osnovi se polazi iz sledećih oblasti uticaja:

4.1. Eksproprijacija površina

Izgradnja vodi zaptivanju i kontaminaciji tla. Deo tla, koji je pogođen tokom gradnje, kasnije može da se rekultivise. Telo kolovoza svojim ograničenim i zaptivenim površinama dovodi do promene mikroklima (zagrevanje, isušivanje, kruženje vazduha), sa odvodom meteorske vode utiče na površinske vodotokove, što može da ugrozi pre svega male vodotokove. Ispiranje štetnih materija zbog saobraćaja vodi u pogoršanje kvaliteta površinskih voda i time i podzemnih voda.

4.2 Uticaji preparcelacije

Povećane gustine putne mreže neizbežno dovode do dodatnih preparcelacije slobodnih površina. Osim buke, razdvajanje je ono što najviše pogađa životinjski svet. Tako postoji direktan gubitak životinja i limitirajući faktori kod populacije u zavisnosti od količine saobraćaja i postojećih životinjskih vrsta. Različite grupe životinja mogu da služe kao indikatori oštećenosti životne sredine zbog puta/saobraćaja.

4.3 Emisije i imisije stranih materija

Promet prouzrokuje emisije stranih materija na različite načine:

- procesi sagorevanja (NO_x, CO, CO₂, SO₂, C_nH_m, Pb, Cd)
- kapajući gubici (C_nH_m)
- habanje (Zn, Pb, Cr, Cu, azbest, asfalt, betonski prah)
- nezgode i nezgode prilikom transporta (C_nH_m, hemikalije)
- održavanje puteva (so protiv smrzavanja, herbicidi)

4.4 Emisija buke

Ona igra centralnu ulogu prilikom procenjivanja uticaja rizika na životnu sredinu. U poređenju sa imisijom štetnih materija, buka je neposredno primetna. Zato su mere protiv buke sa puteva bitan sastavni deo prilikom projektovanja puteva.

4.5 Uticaj puta / saobraćaja na podzemne vode

Zaštićena područja podzemnih voda ugrožavaju se kako postojećim saobraćajnicama, tako i prilikom izgradnje novih.

Posebno velika opasnost za površinsku vodu postoji prilikom izgradnje novih puteva. Tako podzemne vode mogu biti ugrožene:

- zbog korišćenja građevinskih materijala koji sadrže sastojke, koji mogu biti štetni za vodu
- kod zemljanih i temeljnih radova

Kod zemljanih radova, posebno kod ukopa, oštećuje se odn. uklanja zaštitni sloj iznad površinske vode. Kod temeljenja opasnost mogu predstavljati npr. mosni piloti koji mogu da probiju krovni sloj podzemnih voda:

- sa otvorenim deonicama trase, gde jaka kiša može dovesti do mineralnog zagađenja u površinskim vodama (voda postane mutna) - zato bi takve deonice u zaštićenim područjima podzemnih voda trebali da budu što kraći i otvoreni samo kratak period,
- neodgovarajućim uređenjem gradilišta, što se iskazuje kroz neodgovarajuće mere za odvođenje otpadne vode i uklanjanje otpadaka, kao i skladištenje i korišćenje materija, opasnih za vodu. Opasne tačke mogu biti

i na protočnoj stanici, skladištima za hemikalije, radionicama, parking prostorima i praonicama za građevinsku mehanizaciju, kao i kod stambenih baraka,
- uređivanjem prilaznih puteva na gradilište - opasnost za podzemne vode mogu da predstavljaju i materije za protivprašnu zaštitu makadamskih puteva.

Stalnu opasnost sa postojećih saobraćajnica predstavlja ispiranje kolovoznih površina koje nemaju regulisano odgovarajuće odvodnjavanje. Na kolovozu se pojavljuje prljavština, koja može voditi poreklo od ostataka prilikom habanja guma, kapajućih ulja, ostataka kočionih obloga, delića posle sagorevanja pogonskog goriva, produkata korozije itd.

Svakako postoji veliki problem odgovarajućeg održavanja saobraćajnih površina i svih pratećih objekata. Odgovarajuće održavanje omogućava smanjivanje opasnosti od uticaja puta/saobraćaja i povećava efikasnost sprovedenih mera za smanjenje opasnosti od tih uticaja.

Jednokratno zagađenje predstavljaju nezgode prilikom transporta opasnih materija. Povećanom industrijalizacijom povećava se i broj i količina transportovanih puteva opasnih materija. Nezgode prilikom transporta predstavljaju jednu od statističkih kategorija nezgoda sa opasnim materijama s obzirom na do sada poznate i istražene uzroke nezgoda. Takođe, statističke procene prilikom nezgoda pokazale su da neodgovarajuće postupanje u vezi sa neodgovarajućim zaštitnim merama predstavlja najčešći uzrok nastale štete.

5. MERE ZA SMANJENJE RIZIKA ZA POVRŠINSKE VODE

U prethodnom poglavlju opisani mogući ili očekivani uticaji na površinske vode zahtevaju, bar što se tiče zaštite površinskih voda, takvo planiranje, izgradnju i funkcionisanje, kao što to danas omogućava stanje tehnike, dakle put najvišeg standarda bezbednosti.

U vezi s tim dajemo kategorizaciju mera koje bi bilo potrebno izvoditi, kako bi ostvarili željenu nameru. Opisane preporuke i zaštitne mere za zaštitu podzemnih voda iz prethodnog poglavlja u fazi izrade dokumentacije za projekat građevinske dozvole operacionalizovale su se na sledeći način.

5.1. Konstrukcija kolovoza

Planiranje samih elemenata puta smo sa aspekta zaštite podzemnih voda vršili u skladu sa tada važećim nemačkim Smernicama za građevinsko-tehničke mere na putevima u oblastima, gde se zahvata pijaća voda (RiStWag).

5.1. Odvodnjavanje puta

Konstrukcija odvodnjavanja puta bila je takva da:

- obezbeđuje vodozaptivajuću izvedbu kanalizacije,
- obezbeđuje takav koncept kanalizacije da sa trogodišnjom kontrolom zaptivanja uz eksploataciju kanalizacione vode ne poniru u užem ili širem zaštitnom pojasu,
- konstrukcija kanalizacije, ispust u odvod treba da bude u skladu sa Uputstvima DARS-a.

5.2 Preuređenje površinskih potoka

Površinski potoci se s obzirom na svoju prirodu infiltriraju u podzemne vode. Preusmeravanje vodotokova iz područja uticaja bunara ili preusmeravanje vodotokova u Dravu smanjilo bi izdašnost podzemnih voda. Zbog navedenog bilo je potrebno obezbediti:

- Takvo uređenje vodotokova koje održava bilans vode na crnim mestima pijaće vode.
- U slučaju da su vodotokovi preusmereni kroz užu zaštitni pojas, potrebno je pomoću konstrukcionih rešenja izvršiti zaptivanje dna korita do visine dvogodišnje vode.
- U slučaju da su vodotokovi preusmereni kroz širi zaštitni pojas, korita se prepuštaju prirodnom zaptivanju. Ako to ne bi bilo uspešno, posle izveštaja monitoringa uticaja korita na kvalitet površinskih voda vrši se veštačko zaptivanje dna korita.
- Na odgovarajućim mestima moraju biti predviđeni merni profili kvaliteta i količine vode.

- Obezbeđivanje infiltracije u podzemni deo vrši se u već postojećim ponornim kolektorima: Betnavski, Bohovski i nanovo koncipirani kompleks infiltracionih instalacija na području istočno od Hočke šljunkare.

5.3 Obaveza monitoringa

Dokumentacija za dobijanje građevinske dozvole morala je da sadrži i plan monitoringa podzemnih voda. On mora da sadrži posmatranja kvalitativnih i kvantitativnih promena. Monitoring je obuhvatio hidrološki bilans površinskih voda i mogućnost identifikacije zagađenja od strane puta ili objekata regulacija vodotokova odn. infiltracionih objekata:

- kvaliteta i količine površinskih voda,
- kvaliteta i količine nadzemnih voda koje se infiltriraju u površinsku vodu ili teku u Dravu,
- kvaliteta i količine ispumpane vode u bunarima Bohova,
- kvaliteta izgrađenih objekata za zaštitu površinskih voda (zaptivanje kanalizacije, retencijskih bazena, hvatača peska i masnoća).

Plan je sadržao prostorni raspored mernih objekata, njihovu tehničku izvedbu, obim, frekvenciju i preciznost merenja i protokole periodičnih (tromesečnih) i godišnjih izveštaja o stanju voda i objekata.

5.4 Zaštita snabdevanja vodom

Bez obzira na sve nabrojane mere u vezi sa planiranjem izgradnje puta nismo mogli zaobići rizik događaja katastrofalnog zagađenja crpne stanice Bohova. Ona danas ispumpava otprilike 85 l/s iz podzemnog dela ne samo po količini nezamenljivih izvora, već pre svega po hidrauličkoj ulozi za stabilizaciju vodovodne mreže. U slučaju ispada Bohovskih bunara potrebno je potražiti zamenu, kako u količinama, tako i u hidrauličko-funkcionalnom smislu. A to je povezano sa koncipiranjem vodovodnog transporta i konceptom rezervoara u vodovodnom sistemu.

5.5 Potencijalni zamenski resursi

Potencijalni izvori u slučaju zagađenja crpne stanice Bohova su Dobrovce i Dravski dvor na Dravskom polju ili sistem Limbuš - Vrbanski plato - Selniška dobrava na zapadu sistema za vodosnabdevanje. Završnim sistemom autoputa ugroženi su praktično svi izvori na Dravskom polju.

6. ZAHTEVI IZ ODLUKE O LOKACIONOM PLANU

Odluka o lokacionom planu je u tački VI. EKOLOŠKI I DRUGI USLOVI ZA IZVOĐENJE ZAHVATA U PROSTORU 20. član Vodoprivrednog uređenja i zaštite izvora vode je zahtevao da se zbog izgradnje autoputa regulišu sledeći vodotokovi:

- Polanski potok,
- Donji Hočki potok (južna grana Hočkog potoka),
- Novi Hočki potok,
- Odvodnik iz Bohove.

Odvođenje vode sa kolovoza u lokacionom planu je predvideo: na deonici autoputa od km 2 + 600 do km 11 + 450 odvođe se meteorske vode sa kolovoza pomoću odgovarajućih nagiba kolovoza i pomoću sistema vodozaptivajuće kanalizacije. Od km 2 + 600 do km 5 + 500 se sve otpadne vode sa autoputa vode do šljunkare Hoče. U šljunkari Hoče obezbeđuje se infrastruktura za sistem čišćenja.

Meteorske vode autoputa treba sprovesti u odgovarajuće bazene za zadržavanje koji imaju funkciju uljnog hvatača i sedimentatora i omogućavaju odgovarajuće intervencije u slučaju eventualnih havarija na putevima.

Zaštita izvora vode:

Zbog pružanja trase autoputa preko područja podzemnih voda Dravskog polja, koje je zaštićeno odlukom o zaštitnim pojasevima i merama za obezbeđenje zalih pijaće vode na Dravskom polju (MUV, br. 9/92) i

odlukom o izmeni odluke o obezbeđenju zalih pijaće vode na Dravskom polju (MUV, br. 12/96), prilikom izgradnje treba obezbediti sledeće mere:

- poniranje voda iz Razvanjskog potoka u količini do 800 l/s u ponornici Bohova, voda iz Radvanjskog potoka u količini do 200 l/s i voda iz Bohovskog potoka u količini do 200 l/s u ponornici Betnava i voda objedinjenog Polanskog i Donjeg Hočkog potoka u količini do 1000 l/s na području Hočke šljunkare;
- korito Novog Hočkog potoka se u području užeg zaštitnog pojasa zaptiva, a u širem zaštitnom pojasu prepušta se spontanom zaptivanju. Za nadzor nad količinama poniranja i zaptivanja korita uspostavlja se sistem monitoringa.

7. KANALIZACIJA

Kanalizacioni sistem smo dimenzionisali na 100-godišnji period pojavljivanja padavina, jer je na isti nivo bezbednosti dimenzionisan i kanalizacioni sistem autoputa. U tom slučaju vodu samo mehanički čistimo (hvatač ulja, sedimentator) i odvodimo je dalje prema površinskim vodotokovima.

U kanalizaciju odvodimo samo meteorske vode sa asfaltiranog dela kolovoza (u širini d 26.2 m) i u ukopima vodu sa padina. U kanalizaciju su sprovedene i drenaže kolovoza. U kanalizacioni sistem autoputa nisu sprovedene pozadinske vode.

Sistem za rasterećivanje i hvatač ulja sedimentator izvedeni su u istom građevinskom objektu. Čišćenje padavinskog odvoda prema navedenim uputstvima obuhvata sledeće elemente:

- Hvatač katastrofalnih razlivanja, hvatač ulja i sedimentator za čišćenje padavinskog odvoda pljuskova sa intenzitetom 15 l/sha. Očišćeni odvod iz tog objekta sproveden je u retencijski bazen.
- Sistem za rasterećenje za rasterećivanje dovoda u slučaju jačih pljuskova, koji je u građevinsko - konstrukcionom pogledu sastavni deo sedimentatora. Preliveni padavinski odvod iz sistema za rasterećenje sproveden je u retencijski bazen.
- Retencijski bazen sa vodozaptivajućim dnom za zadržavanje i smanjivanje odvoda do hidrauličkog kapaciteta polja za poniranje. Odvod vode iz kompenzacionog rezervoara vrši se preko drenaže filterskog sloja procedivača. Drenažne cevi su položene na nepropusno dno kompenzacionog rezervoara.
- Polje za poniranje izgrađeno je na principu sporog biološkog filtera ili kao mokra polja.

U retencijski bazen sedimentatora odlazi celokupni padavinski odvod sa autoputa koji nastupa u slučaju pljuskova do intenziteta 15(l/sha). To znači da je otprilike 80% celokupnog padavinskog odvoda sa autoputa pre dovoda u retencijski bazen, mehanički očišćeno od sedimentnih suspendovanih materija. (Učešće pljuskova 15 (l/sha) i manjih iznosi u godišnjoj količini kiše doduše samo 68%. Ipak, faktički očišćena količina odvoda sa autoputa je veća, jer kratkotrajni pljuskovi većeg intenziteta od 15 (l/sha) donose manje dovode od Q_{krit}). Tako se do praktično smisaone granice smanjuje kolmacija dna kompenzacionog rezervoara, čime se održava kapacitet procedivanja njegovog dna. Ostatak, kod intenzivnijih pljuskova manje zagađenog padavinskog odvoda, otiče iz sistema za rasterećenje direktno u retencijski bazen.



Slika 3. Šema prečišćavanja



Slika 4 *Objekat čišćenja (foto Uroš Krajnc)*

3. ZAKLJUČAK

U mestu Hoče kod Maribora postoji veliki čvor na autoputu Slovenika iz pravca Celja sa jednim ogrankom u pravcu Ptuja i granice sa Republikom Hrvatskom, a drugi ide pored Maribora prema granici sa Republikom Austrijom, dok je treći ogranak poluautoput put za centar Maribora.

Na to područje slivaju se bujice sa Pohorja koje poniru u aluvijalnom Dravskom polju. Podzemne vode Dravskog polja su važne za vodosnabdevanje čitavog regiona. Dakle, bilo je potrebno da se traži usaglašavanje tehničkih rešenja odvođenja površinskih voda, uzimajući u obzir najnovija tehnološka saznanja o uređenju i zaštiti režima voda, vodenog sveta i životne sredine.

Posebnu pažnju i teškoću za vodoprivredni sistem Hočkog vodenog čvora je predstavljala izgradnja autoputa u ukopu dubine kod železničke pruge 5-6- m. Zatim autoput prelazi veliku Hočku šljunkaru i tek kod mesta Brezje niveleta izlazi na teren. Sa takvim ukopom dubine otprilike 3 -4 m smo u kontaktu sa površinskim i podzemnim vodama.

Trasa autoputa prelazi vodozaštitne pojaseve mariborskog vodovoda. Naročito su bile pod udarom crpne stanice u Bohovi i veštačko jezero šljunkara u Hočama. Predložene mere za smanjenje rizika za zagađenje podzemnih voda sadrže samu izgradnju konstrukcionih elemenata autoputa i izvođenje odgovarajućeg odvodnjavanja. Tokom izgradnje puta i kasnije tokom saobraćaja na autoputu potrebno je praćenje sa monitoringom promena kvaliteta i kvantiteta u podzemnim vodama. Za eventualno katastrofalno zagađenje izvorišta podzemne vode izgrađen je i dodatni veštački kolektor pored postojeće šljunkare u Hočama. Odvodnjavanje jednog sektora autoputa ima ispust u šljunkaru, pre ispusta je izgrađeno postrojenje za prečišćavanje meteorskih voda sa autoputa.

Literatura

- [1] Ureditev nove in sanacija stare gramoznice »IGM« Hoče zaradi izgradnje avtoceste na tem območju, Ljubljana, 1.12.1998. prof.dr. Mitja Rismal
- [2] Izdelava tehničnih predlogov in projekta ureditvenih vodnogospodarskih del ob izgradnji AC Pesnica - Miklavž – Fram, Institut za za ekološki inženiring Maribor, št. projekta 6h5231; september 1995
- [3] Presoja pogojev ponikanja pohorskih voda v gramoznici - ponikalniku Hoče Inštitut za zdravstveno hidrotehniko pri FAGG v Ljubljani 1985
- [4] Čistilna naprava za vodo iz AC Slivnica – Pesnica, Institut za ekološki inženiring Maribor, št. projekta 6H-D99, 1999
- [5] Avšič F., Bukovnik S., Krajnc U., Blažeka Ž.: Uskladitev vodnogospodarskih in avtocestnih rešitev hočkega vozlišča, Mišičev vodarski dan 1995
- [6] Blažeka Ž.; Krajnc U. (1998): Podtalnica, vodna zaloga pitne vode, varstvo vodnih količin in kakovosti, 5. Svetovni dan voda, 20.3.1998
- [7] Rismal M.: Zaščita hočke gramoznice in podtalnice pred onesnaženjem s padavinskim odtokom iz

AC, Mišičev vodarski dan 1999

- [8] Uredba o lokacijskem načrtu AC odseka Slivnica-Fram -BDC (Ur. list RS št. 23/96) https://www.uradni-list.si/_pdf/2002/Ur/u2002115.pdf (5.6.2017)
- [9] Uredba o lokacijskem načrtu AC odseka Slivnica-Pesnica (Ur. list RS št. 41/98, 72/00 in 72/04) <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED433> (5.6.2017)

СНЕЖНИ НАНОСИ НА ПУТЕВИМА

Снежана Радловић Јевремовић^{*1}, Нада Драговић*, мр Јелена Секуловић**, мр Горица Алексић**

^{*}Институт за путеве а.д. Београд, Булевар Пека Дапчевића 45

^{**}Саобраћајни институт ЦИП, Трг Николе Пашића 8/IV, Београд

Резиме: Снежни наноси, као метеоролошка појава, представљају узрок застоја у друмском саобраћају током зимског периода. Зимско одржавање путева, спречавање појаве поледице и уклањање снега и снежних наноса захтева ангажовање ресурса у смислу материјала, радне снаге, специјалне опреме, грађевинске механизације и смештајних капацитета.

Настанак, обим и време трајања природних непогода, у овом случају, интензивног падања снега или преноса снежног покривача jakim ветром, у већини случајева, се не могу предвидети. Међутим, на основу искуства, статистичких података и метода моделовања, могу се идентификовати места појаве снежних наноса. Евидентирање таквих места нам омогућава благовремену припрему за ефикасну примену мера заштите на тим местима.

Кључне речи: Снежни наноси, одржавање путева, мере заштите

SNOWDRIFT ON ROADS

Snežana Radulović Jevremović*, Nada Dragović*, mr Jelena Sekulović**, mr Gorica Aleksić**

^{*}Highway institute, Boulevard Peka Dapcevic 45

^{**}Institute for transportation CIP, 8/IV, Nikola Pasic Square, Belgrade

Abstract: Snowdrifts, as a meteorological phenomenon, are the cause of road traffic delays during the winter period. Winter maintenance of roads, prevention of the occurrence of glazed ice and removal of snow and snowdrifts requires the engagement of resources in terms of materials, labor, special equipment, construction machinery and accommodation capacities.

The occurrence, extent and duration of adverse weather, in this case, the intensive snowfall or carrying of snow cover by strong winds, in most cases, can not be foreseen. However, based on experience, statistical data and modeling methods, the sites of snowdrifts occurrences can be identified. Recording of such sites allows us to prepare in due time for effective implementation of protection measures in those sites.

Keywords: Snowdrifts, maintenance of roads, protection measures

1. УВОД

Снежни наноси спадају у категорију елементарних непогода тј. догађаја проузрокованих деловањем природних сила који могу да угрозе здравље и живот људи или проузрокују штету већег обима. Као такви они су метеоролошка појава која има значајан утицај на одржавање путева и чест су узрок застоја у друмском саобраћају током зимског периода.

Важан чинилац при пројектовању путева представљају подаци о условима појаве снежних наноса. До сада се анализи и оцени ризика од појаве снежних наноса на путевима није поклањало довољно пажње приликом фазе пројектовања саобраћајница. У фази експлоатације путева правовремени и поуздани метеоролошки подаци су основа за омогућавање квалитетног спровођења неопходних активности у циљу обезбеђења проходности путне инфраструктуре и безбедности саобраћаја.

Одржавање путева у зимском периоду, спречавање појаве поледице и уклањање снега и снежних наноса је веома одговоран посао који подразумева ангажовање великих ресурса у смислу материјала, радне снаге, специјализоване опреме, грађевинске механизације и смештајних капацитета. Потребна су велика финансијска средства и у условима када нема интензивних снежних падавина а када до њих дође ствари се прилично усложњавају. Појава снежних наноса на појединим деоницама доводи до непроходности путева и тиме ометања нормалног функционисања и комуникације становнштва.

У студији „Study on Economic Benefits of RHMS of Serbia”, The World Bank study group, која је урађена 2005.године идентификовани су временско зависни економски сектори у Републици Србији, удео ових сектора у бруто националном доходу, евидентирани и процењени штете. Средњи годишњи

¹ Аутор задужен за кореспонденцију: s.radulovicjevremovic@highway.rs

економски губици у сектору одржавања путева, односно неповољних временских појава (снежни наноси и поледица) процењени су на око 3.500.000.000 динара.

2. ФОРМИРАЊЕ СНЕЖНИХ НАНОСА

На местима на којима морфолошке карактеристике терена, препреке или положај трасе смањују брзину ветра долази до таложења снега и настанка снежних наноса.

Настанак, обим и време трајања природних непогода, у овом случају интензивног падања снега или преноса снежног покривача утицајем јаког ветра, у већини случајева се не могу унапред предвидети, али се за извесне појаве, на основу искустава, статистичких података и метода моделовања, а с обзиром на место појаве, може претпоставити да ће до њих доћи.

Минимална брзина ветра која је поребна да би снег био транспортован зависи од карактеристика снега и густине ваздуха. Сув и лаган снег може бити транспортован већ при брзинама ветра од 5 m/s док су за транспорт тешког снега, са 'кором' на површини, потребне брзине су и преко 25 m/s. Транспорт снега обично престаје при брзинама ветра испод 5 m/s (Schmidt 1981; Tabler, Pomeroy, and Santana 1990). Највећи део транспорта снега ветром дешава се у првих неколико метара од тла, тако да се транспорт на већим висинама најчешће занемарује. Количина снега која формира снежни нанос на путу, може да буде и неколико стотина пута већа од количине снега која директно пада на коловоз.

Појава снежних наноса отежава одвијање саобраћаја, утиче на његову безбедност, изазива оштећења коловоза и значајно повећава трошкове одржавања.

3. МЕРЕ ЗАШТИТЕ

Контрола формирања снежних наноса често је занемарена због примене ефикасне опреме за уклањање снега са коловоза. На овај начин се отклања последица у тренутку кад је њен негативан утицај већ присутан. Примена превентивних мера је далеко делотворнија и економски оправдана. Одговарајућим мерама заштите може се спречити формирање снежних наноса, побољшати видљивост и смањити стварање лапавице и леда на коловозу. Такође, њиховом применом могуће је смањити трошкове уклањања снега за 30-50% на конкретним деоницама, а корисни ефекти присутни су на великим удаљеностима од места где су примењене, низ ветар.

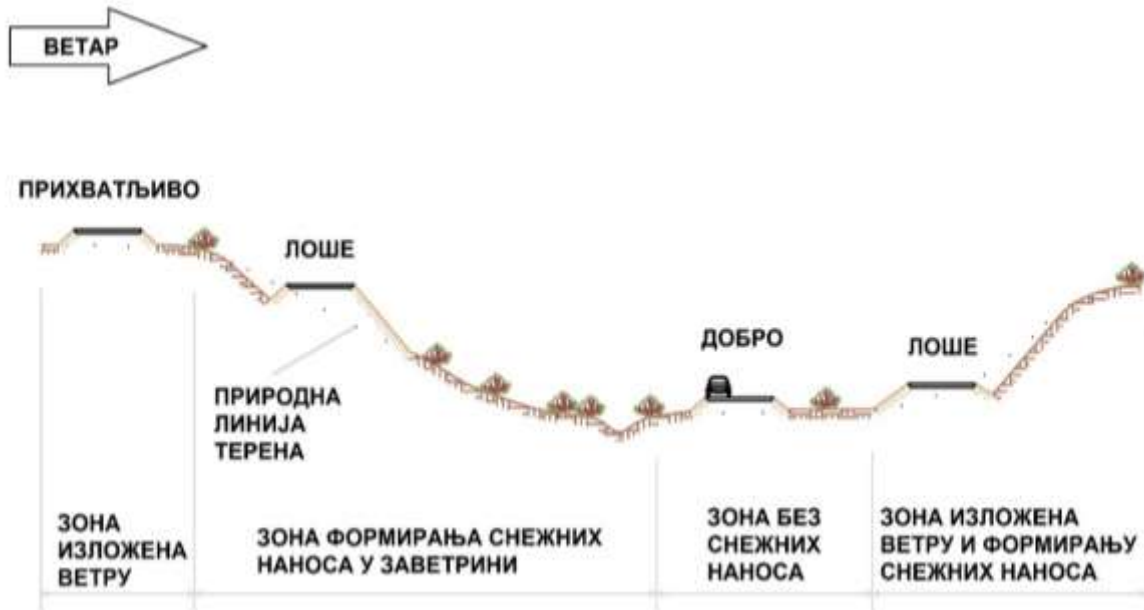
Мере заштите можемо посматрати кроз фазу пројектовања и као такве су најделотворније и мере у току експлоатације тј. конструкције за спречавање снежних наноса.

3.1 Мере заштите у фази пројектовања

Смернице за пројектовање путева на основу којих се смањује могућност формирања снежних наноса су засноване на теоријским истраживањима, посматрању и моделу за предвиђање формирања снежних наноса.

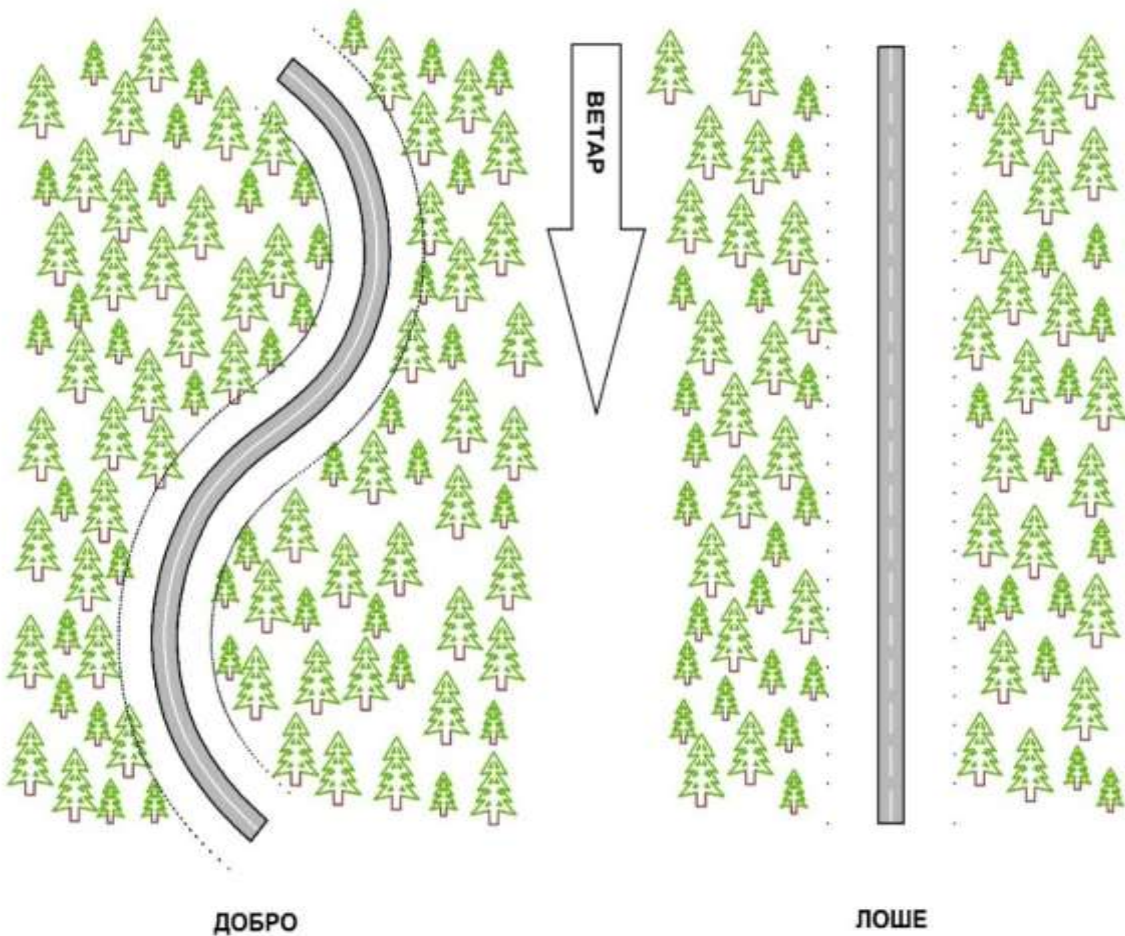
Примена следећих смерница за избор локације и положај осовине пута смањила би трошкове зимског одржавања и утицала на већу безбедност учесника у саобраћају:

- Користити погодности природних заклона које стварају дрвеће, жбуње или различити облици рељефа. Шуме, грађевине, потоци или јаруге које су и неколико километара далеко могу значајно да ублаже надувавање снега. Ако је могуће, трасу пута положити на локацији где је присутна ерозија снега, 150 до 200 m низ ветар од места где се формирају снежни наноси.
- Избегавати локације које се налазе низ ветар у односу на водене површине које се зими леде.
- Када је центар кривине на страни пута низ ветар, пројектовати веће радијусе како би се смањио попречни нагиб.
- Бирати локације које су заштићене за: петљу, раскрсницу у нивоу и денивелисан укрштај.
- На локацијама које су изложене надувавању снега избегавати плитке усеке (мање од 2.5 m).
- Избећи локацију на којој се формирају снежни наноси, унапред предвидети постављање заштитних ограда или друге мере заштите уз ветар.



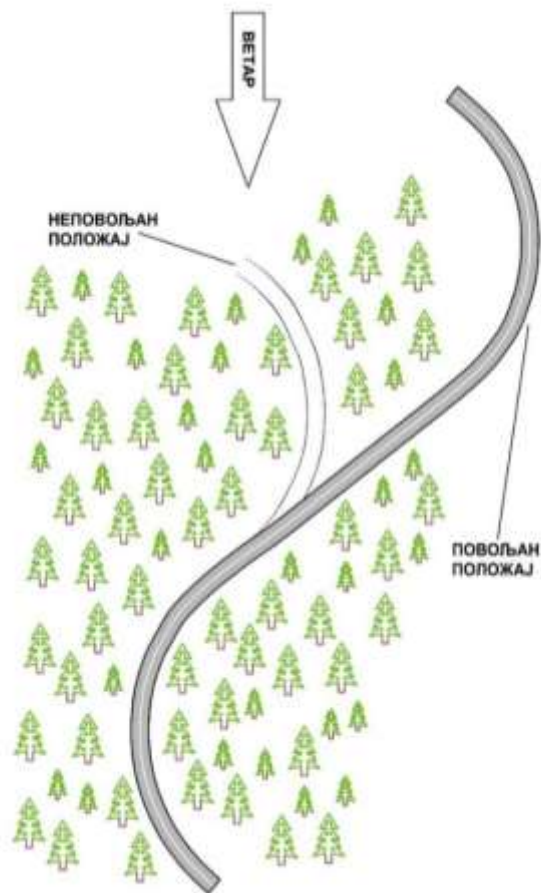
Слика 1. Избор локације пута у зависности од ризика за настајање снежних наноса
Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

- Избежавати дугачке правце (тангенте) паралелне са ветром, посебно у шумовитим пределима.



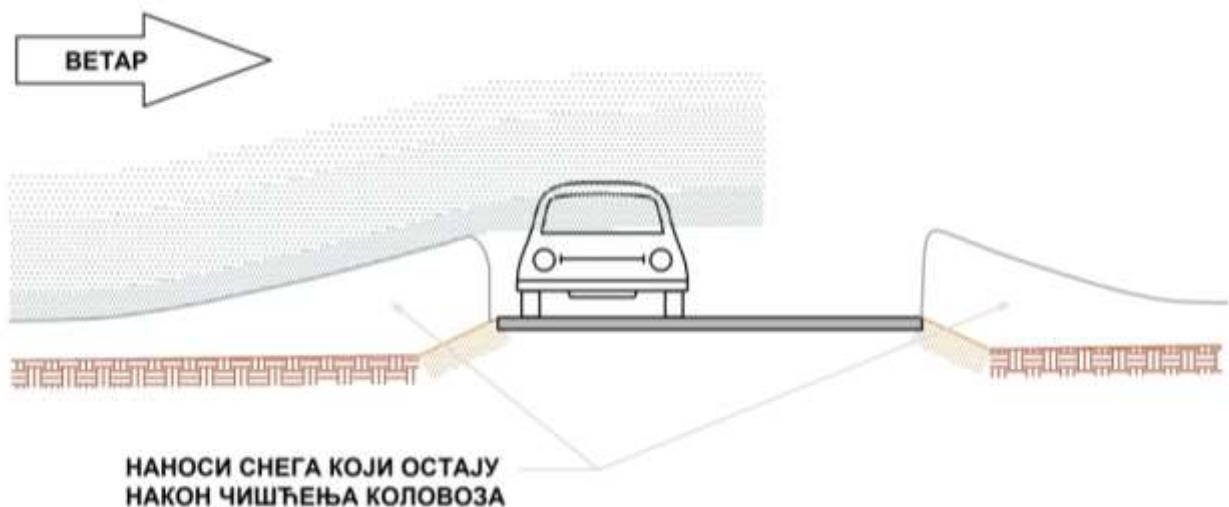
Слика 2. Изложеност ветру у зависности од положаја осовине
Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

- Када пут из шумовитог предела излази на чистину, трасу поставити тако да буде заштићена од надувавања снега.



Слика 3. Различит положај осовине и утицај надувавања снега приликом изласка пута на чистину
Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

Познато је да повећана концентрација честица снега у нивоу ветробранског стакла, неповољно утиче на безбедност саобраћаја. Да би се спречио овај проблем, површина коловоза треба да буде виша од нивоа околне површине снега. Висина насипа треба да је таква да висина снежног покривача не прелази висину банке. Ако се снег са коловоза уклања механизацијом, нагомилавање снега уз ивицу коловоза је неизбежно.

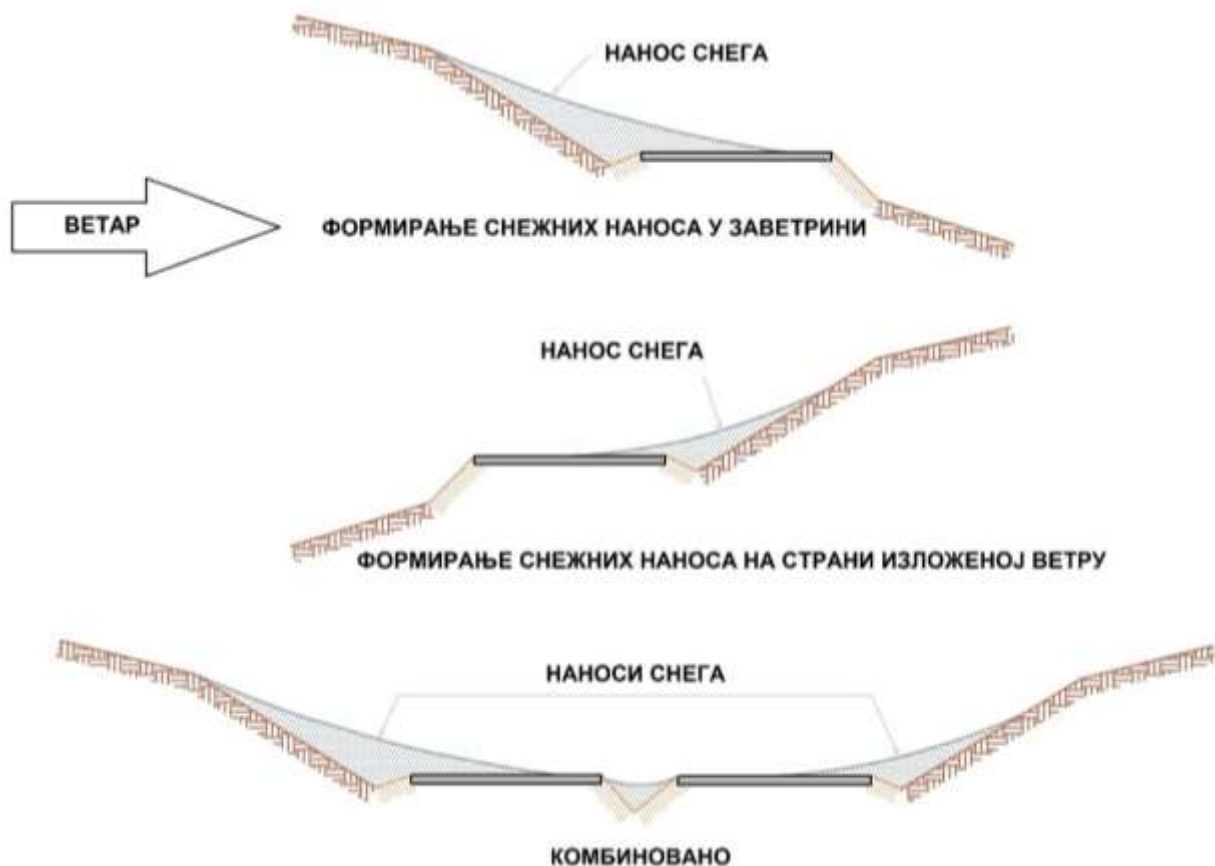


Слика 4. Наноси снега поред пута утичу на лошу видљивост
Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

Пожељно је да нагиб косина насипа буде 4:1 и већи, чиме се додатно обезбеђује да се нагомилани снег задржава испод банке. Међутим, када се нагиб терена нагло мења, као што је случај на врху насипа, ветар који прелази ивицу банке ствара подручје са вртложним кретањем. Велика концентрација честица снега у тој зони, неповољно утиче на видљивост учесника у саобраћају. Измењено струјање ваздуха доводи до нагомилавања снега на врху насипа. Оваква тенденција стварања наноса повећава се са повећањем нагиба и висином насипа.

Без обзира на геометрију попречног профила, заштитне еластичне ограде постављене из безбедносних разлога утичу неповољно на формирање снежних наноса. Веома је важно да се у фази пројектовања елиминише потреба за постављањем ових ограда на местима где је уочена могућност појаве снежних наноса.

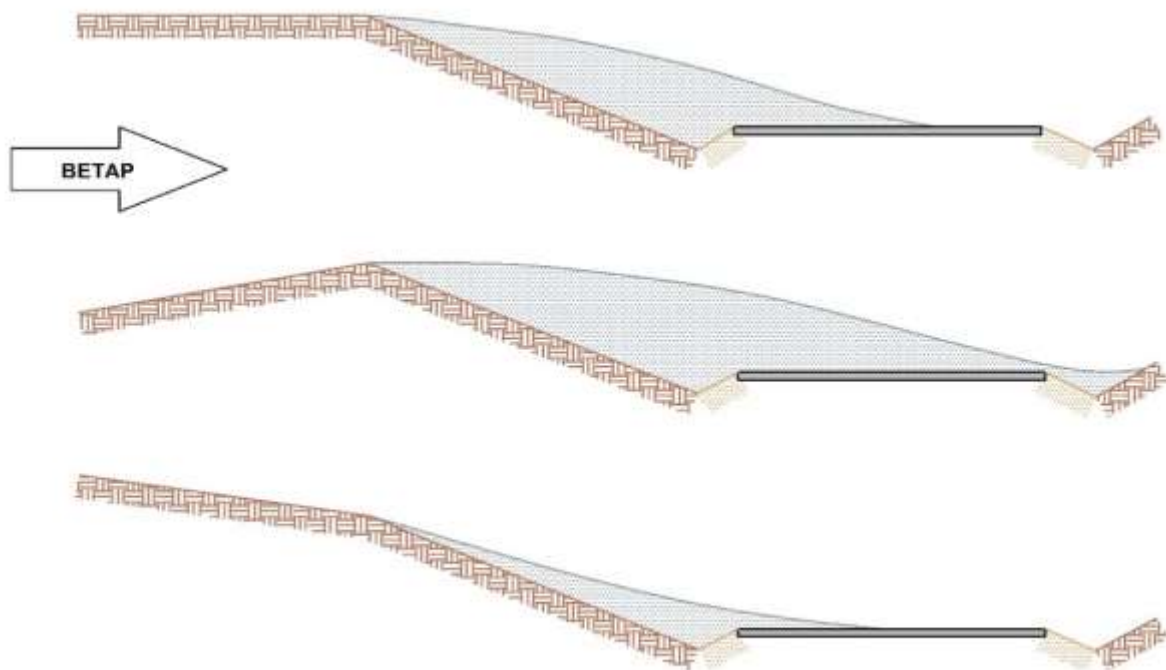
Снежни наноси формирају се у засецима и усецима без обзира на правац ветра. Опште је познато да се наноси снега формирају у заветрини, међутим, иако усеци нису велике дубине, наноса има и на странама које су изложене ветру.



Слика 5. Различите врсте наноса који се формирају у засецима и усеку

Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

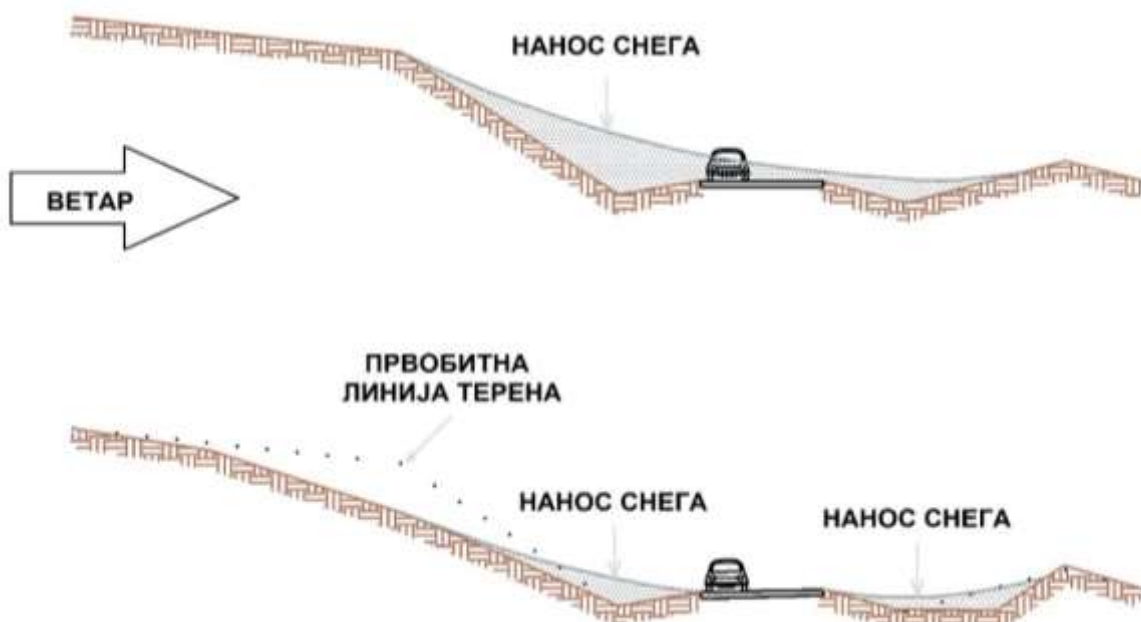
Нагиб терена уз ветар може да има значајан ефекат на распрострањеност и запремину снежног наноса који се формира низ ветар. Међутим, овај ефекат слаби са повећањем дубине усека.



Слика 6. Изглед терена уз ветар и његов утицај на профил снежног наноса

Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

Иако постоје смернице за пројектовање косина низ ветар како би се спречило формирање снежних наноса, наноси уз ветар најчешће се занемарују. Применом модела за предвиђање формирања снежних наноса могућа је модификација геометрије терена уз ветар. На слици која следи, јарак низ ветар је проширен и тако је елиминисан проблем формирања снежних наноса на коловозу.

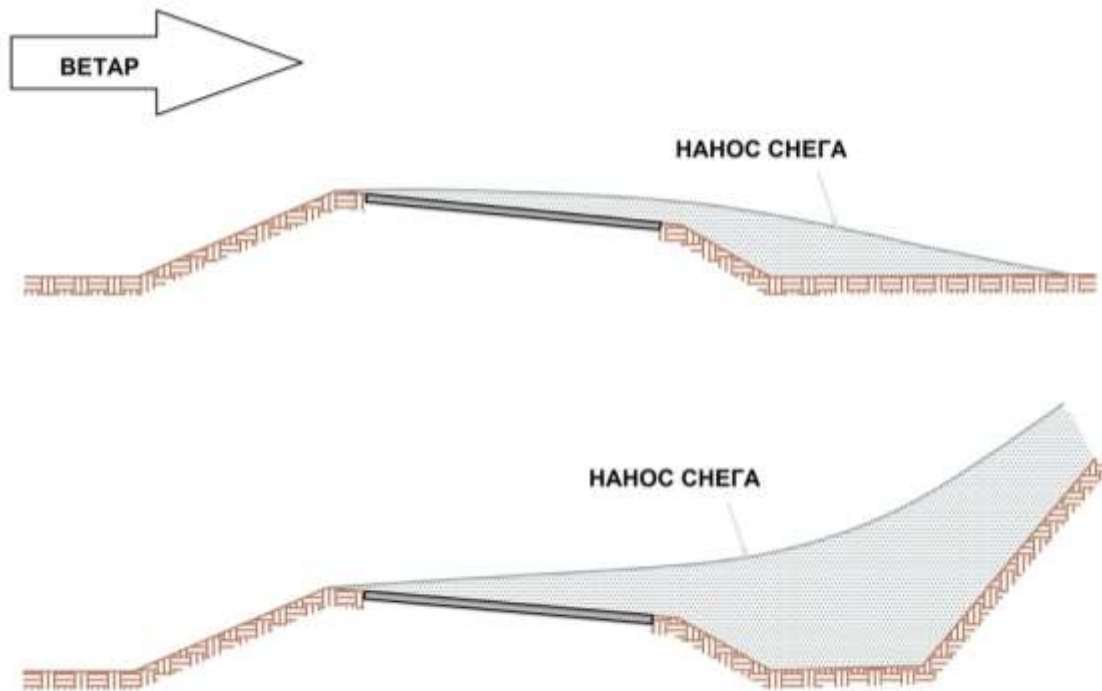


Слика 7. Модификација попречног пресека помоћу модела за предвиђање формирања снежних наноса

Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

Тенденција снега да се нагомилава на коловозу значајно се повећава када је виша круна насипа са стране са које дува ветар. Узрок ове појаве је комбинација постојања косине насипа са стране са које дува ветар и попречног пада коловоза која формира преломну тачку. Посебно је неповољан случај када се усек налази на унутрашњој страни кривине. Да би се ублажило стварање снежних наноса треба применити следеће смернице:

- избегавати попречне нагибе ка засеку који је изложен ветру и налази се са унутрашње стране кривине
- примењивати мање попречне нагибе
- предвидети прелазнице како би се попречни нагиб мењао на што већој дужини
- пројектовати што блаже косине са стране са које дува ветар, по могућству терен би требао да буде раван, када је центар кривине низ ветар.



Слика 8. Ефекат попречног нагиба коловоза на стварање снежних наноса у зависности од геометрије терена низ ветар

Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

Приликом пројектовања аутопутева са разделним појасом, ако су супротни смерови близу један другоме, смер низ ветар треба да буде на истој висини или нешто виши у односу на смер који је са стране одакле дува ветар. Ова смерница добијена је на основу модела за предвиђање формирања снежних наноса. Када је могуће, разделни појас треба да буде улегнут да би боље задржавао снег. Ниско растиње у разделном појасу повећава задржавање снега.

3.2 Мере заштите у фази експлатације

Мере заштите од снежних наноса у току експлатације односе се на постављање конструкција за заштиту од снежних наноса на местима где су уочени проблеми и/ или заштита вегетацијом.

Пројектовање конструкција за заштиту од снежних наноса подразумева дефинисање њене висине, дужине и врсте. Улазни параметри су количина воде садржана у снежном покривачу, коефицијент преношења снега, транспортна дистанца итд.

Ефикасност конструкција за заштиту од снежних наноса повећава се са њиховом висином. У економском смислу, боље је пројектовати један ред високе заштитне конструкције него више редова заштитних конструкција мање висине које заједно имају исти пројектовани капацитет задржавања снега као и висока конструкција.

На дну конструкције за заштиту од снежних наноса треба оставити прорез који има функцију да се спречи нагомилавање снега уз саму конструкцију чиме се смањује њихова ефикасност.

Пројектовани капацитет задржавања снега непорозне конструкције износи само трећину капацитета порозне конструкције исте висине. Међутим, непорозне конструкције имају две значајне погодности. Прва је да се снег нагомилава на страни конструкције уз ветар, а друга је да већина снега који пређе

врх заштитне конструкције бива захваћен јаком ваздушном струјом и транспортован на велику дистанцу низ ветар. Због ових особина погодно их је користити на косинама великих нагиба на којима би порозне конструкције биле релативно неефикасне.

Заштитне конструкције смањују брзину ветра услед чега долази до таложења снега и формирања наноса. Приликом одређивања дужине заштитне конструкције, треба обратити пажњу на ефекат тзв. "заобљених крајева" снежних наноса. Заштитне конструкције на свом почетку и крају имају смањени капацитет задржавања снега. Овај ефекат простире се од ивице до 12 дужина висине.

Топографија терена у близини заштитне конструкције значајно утиче на струјање ваздуха и изглед снежног наноса. Веома је важно да се заштитне конструкције не постављају на местима где се природно стварају снежни наноси јер они ту губе своју функцију и снег их потпуно затрпава.

По својој функцији постоје две врсте заштитних конструкција:

- колекторске, које задржавају снег уз ветар од места које се штити
- усмеравајуће, које повећавају брзину ваздушне струје око места које се штити

Колекторске заштитне конструкције према начину постављања могу да буду:

- трајне - монтиране без стубова („Вајоминг“ и „Норвешке“)
- трајне - монтиране на стубове (од синтетичких материјала)
- привремене – „TENSAR“

Положај заштитних конструкција зависи од угла под којим дува доминантан ветар у односу на пут. Ако је ветар приближно управан на пут ($\pm 35^\circ$), заштитне конструкције се постављају паралелно са осовином пута. Ако услови на терену то захтевају, заштитне конструкције могу да се постављају под углом који је увек управан на правац доминантног ветра. Када је правац ветра скоро паралелан са осовином пута, заштитне конструкције се постављају са обе стране пута у облику рибље кости. Угао под којим се постављају није управан на ветар, већ спољни крај заштитне конструкције треба да буде низ ветар у поређењу са крајем који је ближи путу. Овакав распоред омогућава да се ваздушна струја преусмери са коловоза и тиме спречи нагомилавање снега.

Сви принципи који се односе на конструкције за заштиту од снежних наноса применљиви су и на вегетацију. Међутим, потребна висина засада као и порозност не могу да се постигну на исти начин и истом брзином као што је то могуће код заштитних конструкција. Употреба вегетације у функцији заштите од формирања снежних наноса може да иде у два правца:

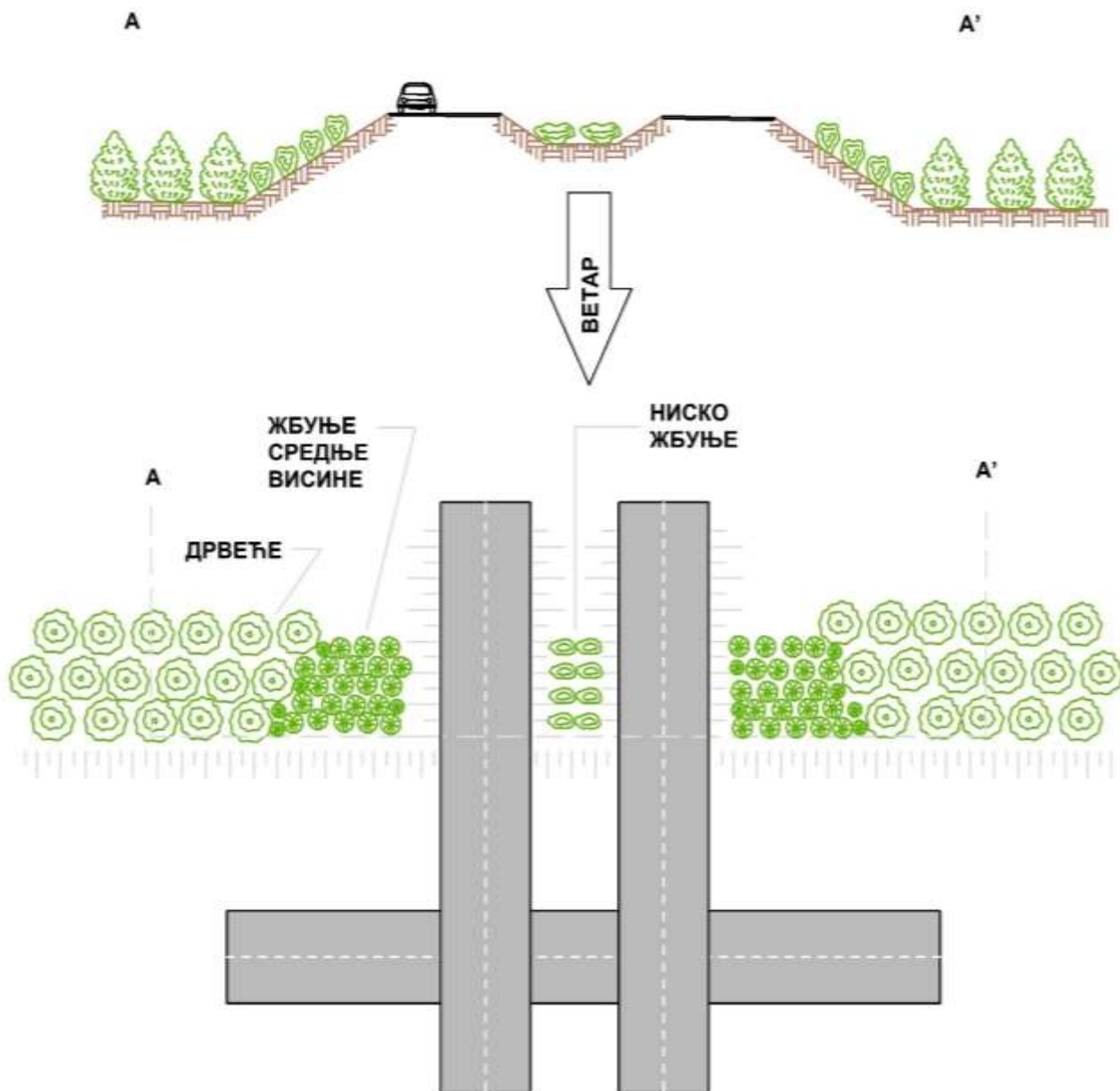
- прикупљање снега – снег покренут ветром задржава се на засадима дрвећа и жбуња
- задржавање снега – трава, жбуње и дрвеће спречавају да ветар покрене снег (примењује се када је извор са којег се покреће снег у непосредној близини пута, као што су косине и разделни појас)

Врсте дрвећа и жбуња које се употребљавају за заштиту од снежних наноса, треба да имају лишће које је густо распоређено и гране које расту ниско (скоро до земље). Оне врсте које се саме чисте од доњих грана треба избегавати. Такође, треба да буду брзорастуће, отпорне на сушу, мраз и болести и да их дивље животиње и стока не користе у исхрани. Врсте треба да успевају на различитим земљиштима и да имају животни век од 30 до 50 година. Предност треба дати четинарима, нпр. смрча, кеदार, клека јер им је хабитус гушћи него што је то случај код борова, а могу и да се саде у гушћем склопу а да при томе не губе доње гране. Ако се користе листопадне врсте, неопходна је садња у више редова да би се постигла жељена порозност. Нарочито су пожељне жбунасте врсте јер имају густо распоређене гране и лишће, праве густ склоп, и имају јаку изданачку способност.

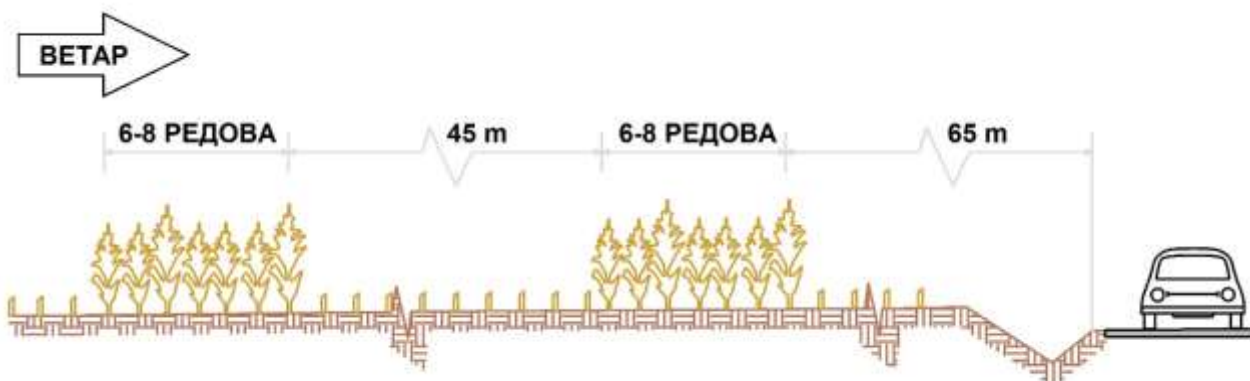
Комбинованом садњом дрвећа и жбуња постижу се добри резултати у заштити денivelисаних укрштаја од наноса снега.

Како би се смањило потребан број стабала и заузела што мања површина, засади се увек постављају паралелно са осовином пута, без обзира на правац ветра. Размак између јединки треба да буде такав да им се споје крошње у фази зрелости. У првих три до пет година после садње, младице треба неговати док се не прилагоде и постану довољно снажне. Неопходна је периодична инспекција задаса у циљу провере да ли је потребно додатно заливање, уништавање корова, замена оштећених јединки и сл.

На оним локацијама, где је поред пута присутно пољопривредно земљиште (на коме се гаје кукуруз и сунцокрет) делови засада могу да се оставе преко зиме. Треба оставити два поља од шест до осам редова кукуруза, са размаком од 50-60 m. Минимална раздаљина од пута иста је као и код заштитних конструкција (35 висина стабљике кукуруза).



Слика 9. Комбинована садња дрвећа и жбуња у зони денivelисаних укрштаја,
Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016



Слика 10. Смернице за остављање редова кукуруза преко зиме
Извор: Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда, Београд 2016

4. Закључак

Снежни наноси су појава која захтева да се при пројектовању нових путних праваца на њих обрати пажња при дефинисању трасе и попречних профила, како би се превентивним мерама смањиле последице по одвијање саобраћаја и смањили трошкови одржавања истих.

Када је постојећа мрежа путева у питању, правилним праћењем и евидентирањем места са свим потребним подацима о локацији, створила би се потребна база података која би омогућила осмишљавање најефикаснијих мера заштите за сваки конкретан случај. Чек листе за оцену проблематичних локација у смислу појаве снежних наноса требало би да имају податке о саобраћајници, тачној локацији, датуму појаве снежних наноса, врсти проблема (нанос снега, лоша видљивост, поледица и др.), узроку проблема (пројектантско решење, заштитна ограда, конструкција моста, вегетација, објекти и др.), последицама (трошкови отклањања снега, оштетење коловоза, губитак контроле над возилом, смањење видљивости, смањење прегледности, ометање саобраћајне сигнализације и др.), опис попречног профила са скицом, као и процену могућег решења од стране инжењера који је задужен за зимско одржавање.

Детаљном евиденцијом и сарадњом са службама које спроводе зимско одржавање могуће је спровести ефикасну заштиту од појаве снежних наноса и знатно смањити трошкове изазване њиховом појавом са мерама заштите које захтевају, у односу на њих, релативно мала улагања.

Литература

- Tabler, R. D., 2003. *Controlling Blowing and Drifting Snow with Snow Fences and Road Design*. National Cooperative Highway Research Program Project.
- Tabler, R. D., 1994. *Design Guidelines for the Control of Blowing and Drifting Snow*. Strategic Highway Research Program. National Research Council, Washington, DC.
- Thordarson, S., 2002. *Wind Flow Studies for Drifting Snow on Roads*. Department of Road and Railway Engineering. Norwegian University of Science and Technology.
- Институт за путеве а.д. Завод за пројектовање „Траса“ и Саобраћајни институт ЦИП д.о.о., 2016. *Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда*, Београд.

ПРЕДВИЂАЊЕ ФОРМИРАЊА СНЕЖНИХ НАНОСА У ФАЗИ ПРОЈЕКТОВАЊА ПУТЕВА

Нада Драговић*¹, Јована Кленпић*

*Институт за путеве а.д. Београд, Булевар Пека Дапчевића 45

Резиме: Снег отежава одвијање саобраћаја, утиче на његову безбедност, доводи до оштећења коловоза и значајно повећава трошкове зимског одржавања. Зато у фази пројектовања, уколико је то могуће, треба отклонити или умањити могућност формирања снежних наноса. Потребно је уочити све погодности које постоје на терену, као и оне елементе који представљају фактор ризика од појаве снежних наноса. У овом раду коришћен је модел за предвиђање формирања снежних наноса на деоници државног пута IB реда бр. 21 Парагово – Рума (идејни пројекат). Модел се заснива на регресионој анализи и користи за предвиђање нагиба и закривљености површине снежног наноса у зависности од нагиба терена и смера дувања ветра. Такође, размотрено је и присуство вегетације као природне препреке која утиче на задржавање снега. У обзир је узета вегетација изван зоне експропријације, као и озелењавање које је предвиђено у Пројекту уређења путног појаса.

Кључне речи: нанос снега, модел предвиђања, фаза пројектовања, озелењавање путног појаса.

PREDICTING SNOWDRIFT PROFILES IN DESIGN PHASE

Nada Dragovic*¹, Jovana Klenpic*

*Highway institute, Bulevar Peka Dapcevicica 45

Abstract: Snow makes traffic difficult, affects its safety, leads to damage to the roadway and significantly increases the costs of winter maintenance. Therefore, at the design phase, if possible, it is necessary to eliminate or reduce the possibility of forming snowdrifts. It is necessary to notice all the existing benefits in the field, as well as those elements that represent the risk factor of the appearance of snowdrifts. In this paper, a model was used for predicting the formation of snowdrifts on the section of the state road of the IB class, No. 21 Paragovo - Ruma (preliminary project). The model is based on regression analysis and it is used for predicting the inclination and curvature of the snowdrift surface, depending on the terrain inclination and direction of wind blowing. Also, the presence of vegetation as a natural obstacle that affects the retention of snow is considered. The vegetation outside the expropriation zone is taken into account, as well as the landscaping, predicted in the Roadside Landscaping Project.

Keywords: snow slope, prediction model, design phase, roadside landscape.

1. УВОД

У овом раду, коришћен је модел за предвиђање формирања снежних наноса, на делу деонице државног пута IB реда бр. 21 Парагово – Рума (идејни пројекат). Почетак деонице је на Фрушкој гори, и већим делом је у тунелу, затим од изласка из тунела до постојећег пута Ириг - Рума, деоница је пројектована на обронцима Фрушке горе западно од Ирига. Ова зона, од изласка из тунела до Ирига, изабрана је за предвиђање формирања снежних наноса (Слика 1). Аутохтона вегетација је већим делом искрчена и замењена виноградима и воћњацима који имају мањи капацитет да задрже снег јер су сађени са проредом. Најмањи капацитет задржавања снега је на обрадивим површинама које су зими без растиња. Траса је положена између два гребена у близини потока и претпостављено је да на овој микролокацији дува источни ветар.

Модел за предвиђање формирања снежних наноса заснива се на регресионој анализи и користи за предвиђање нагиба површине снега у зависности од нагиба терена и смера дувања ветра. Сваки део терена, на коме долази до формирања снежних наноса, има свој максимални капацитет задржавања снега, без обзира на количину снега која се наноси. Формирани снежни нанос, који одговара максималном капацитету задржавања снега, налази се у стању равнотеже. Нагиб снежног наноса може се израчунати по следећој формули:

$$Y_s = 0.25X_1 + 0.55X_2 + 0.15X_3 + 0.05X_4 \quad (1) \quad (\text{Tabler, R.D. 1994})$$

Где је:

Y_s - нагиб снежног наноса (%)

X_1 - просечан нагиб терена (%) на раздаљини од 45 m уз ветар од тачке предвиђања

X_2 - просечан нагиб терена (%) на раздаљини од 15 m низ ветар од тачке предвиђања

X_3 - просечан нагиб терена (%) на раздаљини од 15-30 m низ ветар од тачке предвиђања

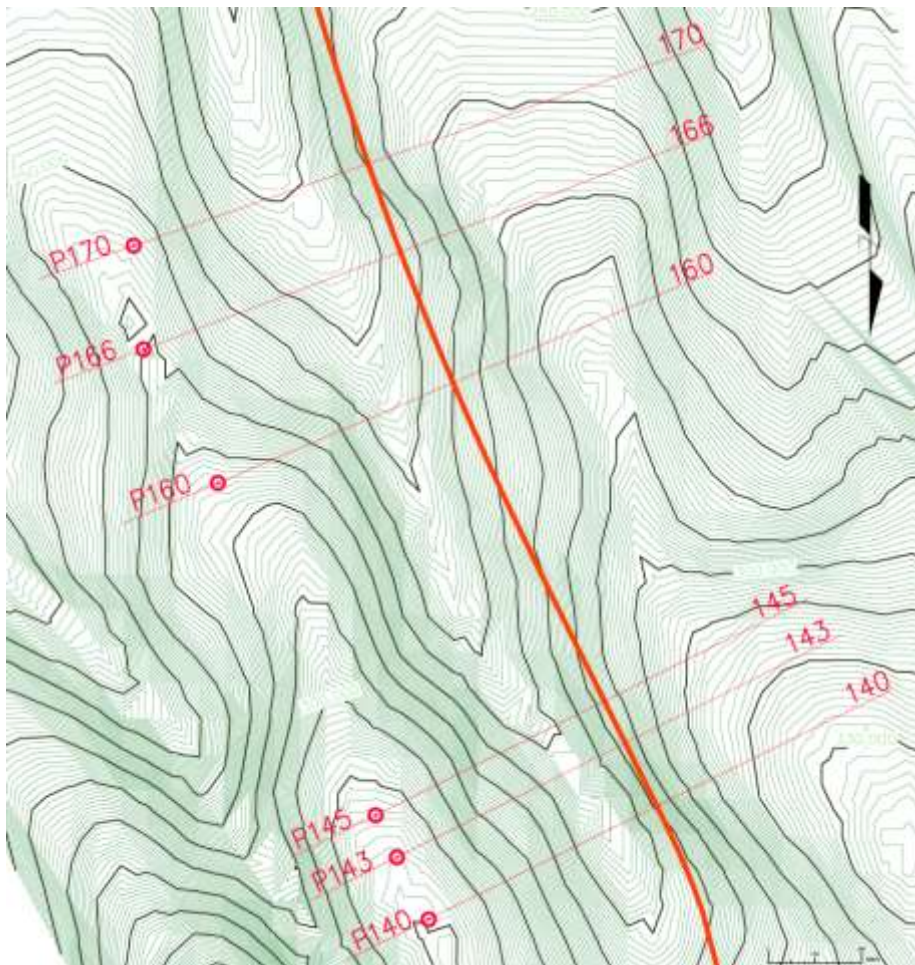
¹ Аутор задужен за кореспонденцију: n.dragovic@highway.rs

X_4 - просечан нагиб терена (%) на раздаљини од 30-45 m низ ветар од тачке предвиђања
Нагиби који расту у правцу ветра узимају се као позитивни, а нагиби који падају у односу на правац ветра, као негативни. Ако је измерена вредност X_2 , X_3 или X_4 између -20 и нуле доделити вредност -20.

Тачка предвиђања бира се тако да се у њој значајно мења нагиб терена, а то су најчешће гребени од којих почиње формирање снежних наноса. На слици (Слика 2) дат је преглед изохипси, осовина будуће брзе саобраћајнице, редни бројеви попречних профила који се анализирају, као и одабране преломне тачке за сваки профил.



Слика 1. - Зона истраживања
Извор: Google Earth



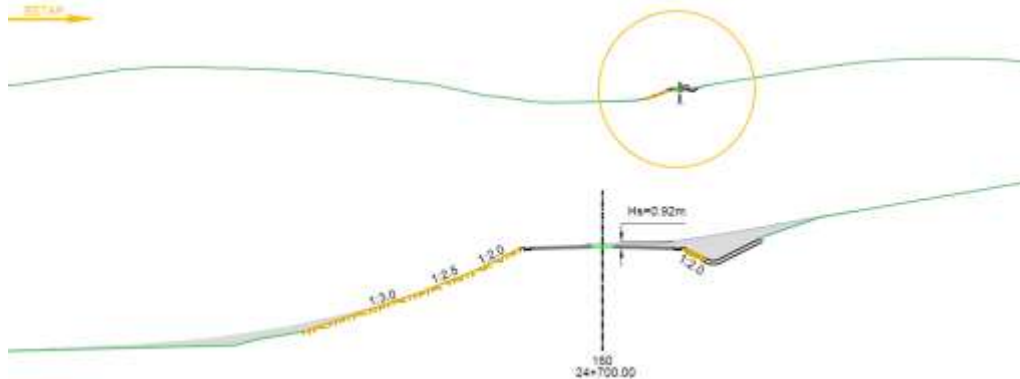
Слика 2. Терен, осовина пута, попречни профили и преломне тачке
Извор: Аутори рада

2. АНАЛИЗА ПРОФИЛА

Наведена формула (1) може да се користи за предвиђање нагиба снежног наноса у зависности од нагиба терена, али она не пружа информацију о закривљености површине наноса која је неопходна за прецизно предвиђање његовог почетка и краја. Коришћењем исте формуле, у прираштајном смислу, решава се тај проблем, и добијају се много прецизнији резултати. На профилима који следе, рачунати су узастопни сегменти на раздаљини од 10 m. У зависности од нагиба терена, могуће је да прорачунати нагиб снежног наноса у неком сегменту буде испод линије терена, што указује да на датом делу нема услова за стварање наноса. На попречним профилима зеленом линијом означена је природна линија терена, окер бојом представљени су земљани радови, а сивом површином обележен је нанос снега. Висина снежног наноса на коловозу представљена је са H_s и мерена је на местима где је нанос највећи. Анализирана су по два профила у насипу, засеку и усеку. Модел не узима у обзир препреке на терену, као што су вегетација или објекти, па је накнадно размотрено присуство аутохтоне вегетације у правцу уз ветар, као и пројектовано озелењавање, јер они утичу на задржавање снега.

2.1 Насип

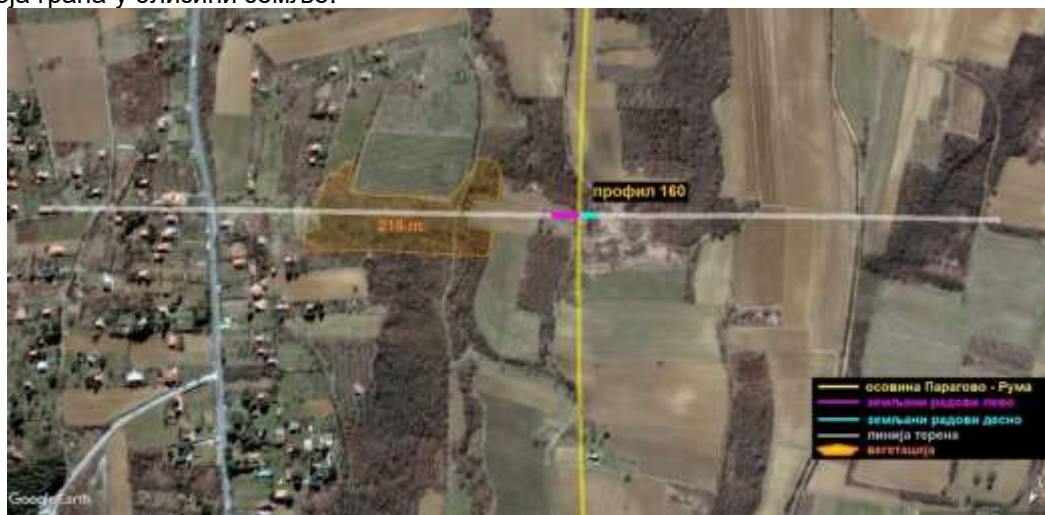
На насипима снег се задржава у ножицама насипа и у одводним каналима. Висина снежног наноса који се формира на коловозу зависи од нагиба косина насипа, њихове висине и изгледа природне линије терена на којој нема земљаних радова. На профилу 160 висина снега је највећа на ивици банке и износи 92 cm (Слика 3).



Слика 3. Профил 160

Извор: Аутори рада

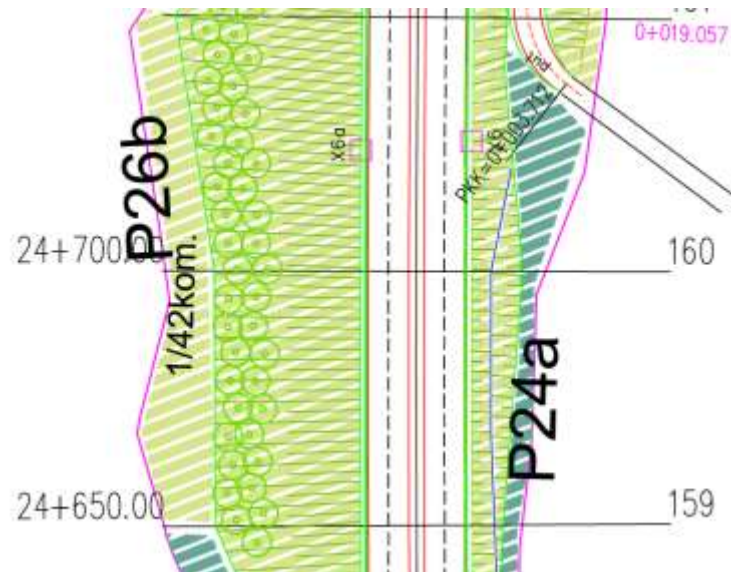
Количина снега која се наноси на коловоз ће се смањити услед присуства аутохтоне вегетације чији појас износи око 215 m (Слика 4). Оваква врста растиња утиче на задржавање снега, јер су у питању листопадне врсте изданачког порекла и мале старости, што омогућава формирање гушћег склопа и већег броја грана у близини земље.



Слика 4. Сателитски снимак терена на профилу 160

Извор: Google Earth

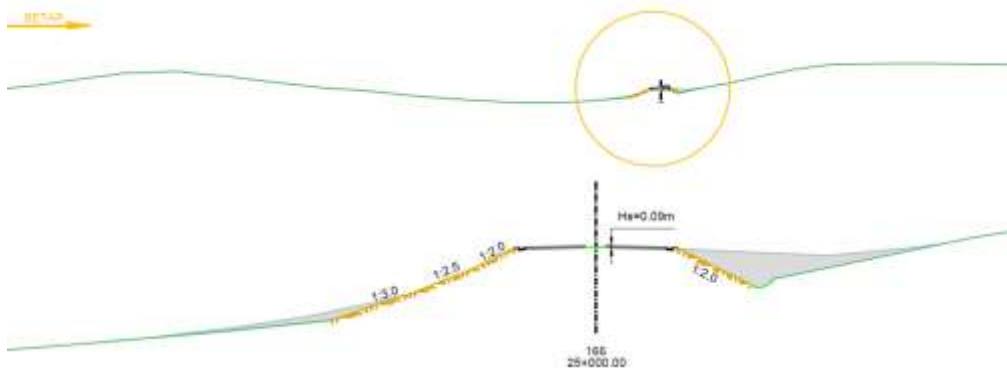
Пројектом уређења путног појаса на профилу 160 (Слика 5) у ножици насипа уз ветар предвиђена је садња групе листопадних стабала (храст), који у зимском периоду немају значајан капацитет задржавања снега.



Слика 5. Пејсажно уређење, профил 160

Извор: Пројекат уређења путног појаса

На профилу 166 (Слика 6) висина снега на коловозу износи само 9 см. Већина снега задржана је у ножици насипа и у одводном јарку.



Слика 6. Профил 166

Извор: Аутори рада

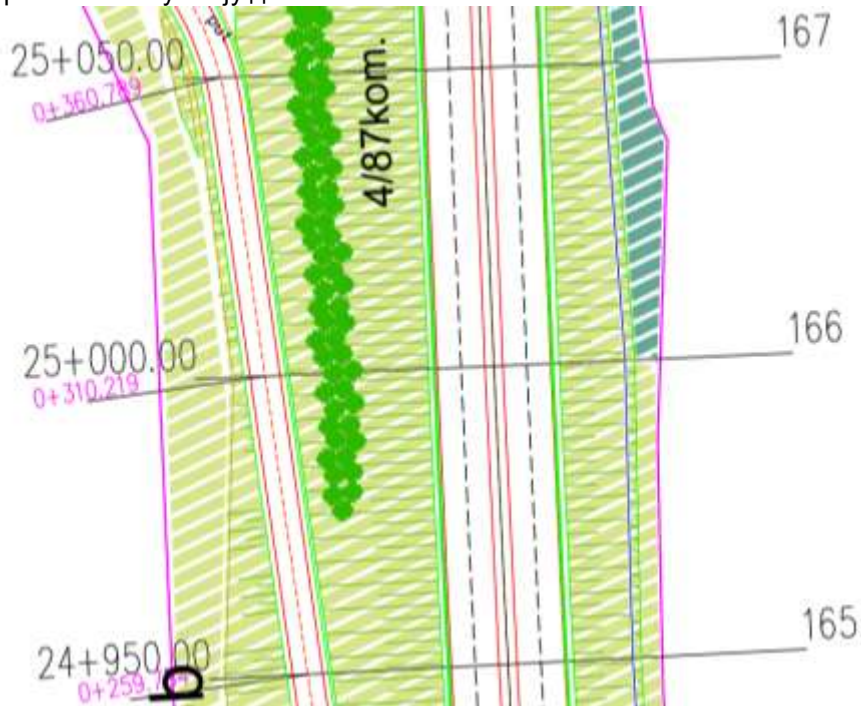
Како је количина снега на коловозу само 9 см, може се очекивати да ће вегетација чији појас износи око 30 м (Слика 7) задржати довољну количину снега и спречити формирање тог малог наноса.



Слика 7. Сателитски снимак терена на профилу 166

Извор: Google Earth

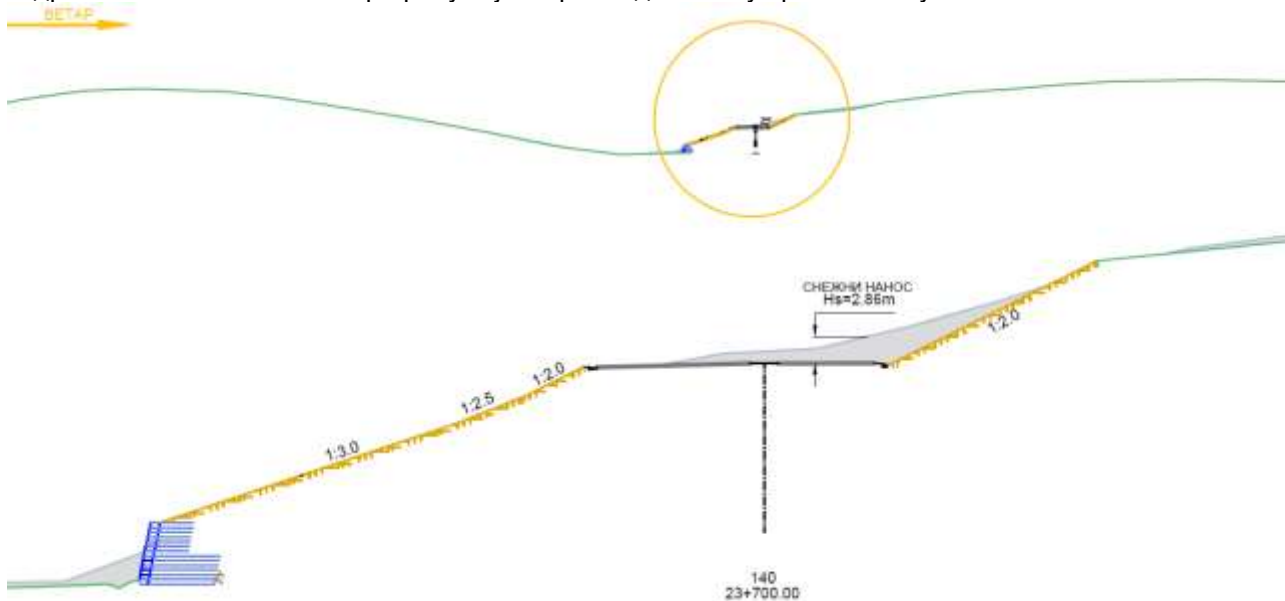
Пројектом уређења путног појаса на профилу 166 (Слика 8) у ножици насипа уз ветар предвиђена је садња групе четинарских стабала (бор), која има већи капацитет задржавања снега, нарочито када су стабла млада и крошње се спуштају до земље.



Слика 8. Пејсажно уређење, профил 166
Извор: Пројекат уређења путног појаса

2.2 Засек

На засецима, снег се задржава у ножици насипа, одводним каналима и усеченој страни. Висина снежног наноса који се формира на коловозу зависи од нагиба косина, њихове висине и изгледа природне линије терена на којој нема земљаних радова. На профилу 140 висина снега је највећа на ивици банке и износи 286 cm (Слика 9). Значајно повећање висине снежног наноса у односу на профиле који се налазе у насипу условљено је косином на усеченој страни. На том месту, брзина ветра слаби и таложи се снег. Формирани снежни нанос одговара максималном капацитету задржавања снега на овом профилу који се ретко достиже у практичним условима.



Слика 9. Профил 140
Извор: Аутори рада

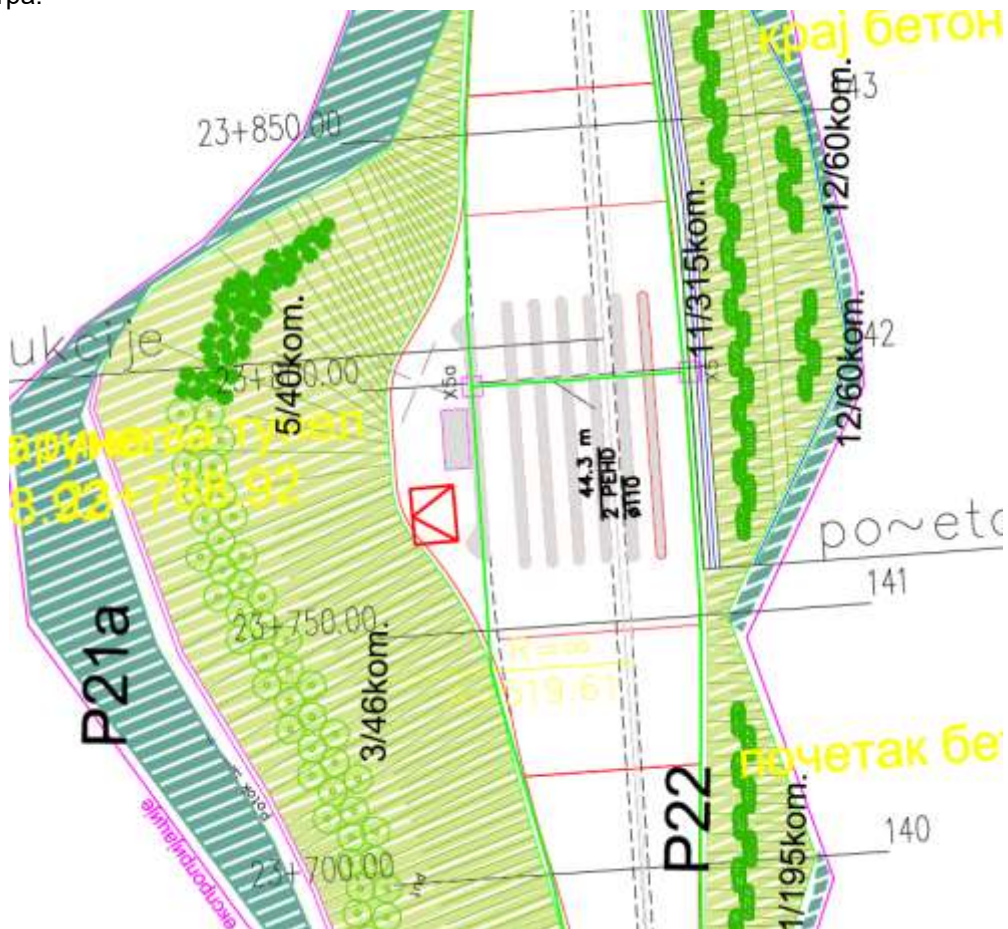
На терену нема природних препрека (вегетације) које би смањиле количину снега која се наноси на коловоз (Слика 10).



Слика 10. Сателитски снимак терена на профилу 140

Извор: Google Earth

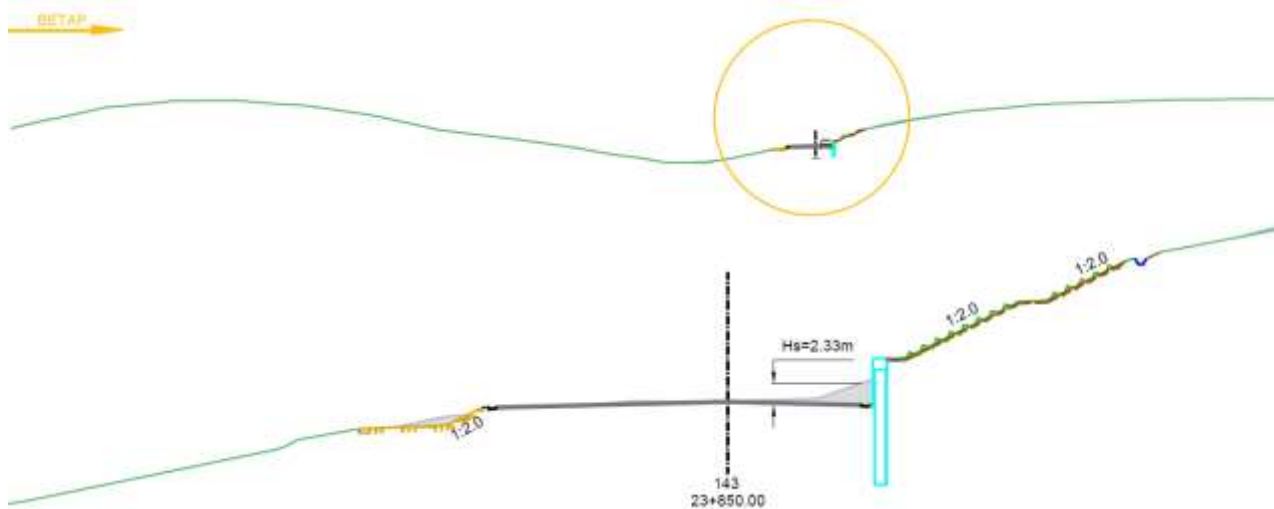
Пројектом уређења путног појаса на профилу 140 (Слика 11) у ножици насипа предвиђена је садња групе листопадних стабала (липа), која у зимском периоду нема значајан капацитет задржавања снега. На косини усечене стране предвиђена је садња зимзеленог жбуња које има најбољи капацитет да задржи снег и тиме неповољно утиче на задржавање снега на коловозу, с обзиром на правац дувања ветра.



Слика 11. Пејсажно уређење, профил 140 и 143

Извор: Пројекат уређења путног појаса

На профилу 143 висина снега је највећа на ивици банке и износи 233 см (Слика 12). Површина захваћена снежним наносим је смањена због присуства потпорног зида, што је довело до повећања висине снежног наноса.



Слика 12. Профил 143

Извор: Аутори рада

Количина снега која се наноси на коловоз биће умањена услед присуства аутохтоне вегетације која расте у два појаса од 105 и 120 м (Слика 13).



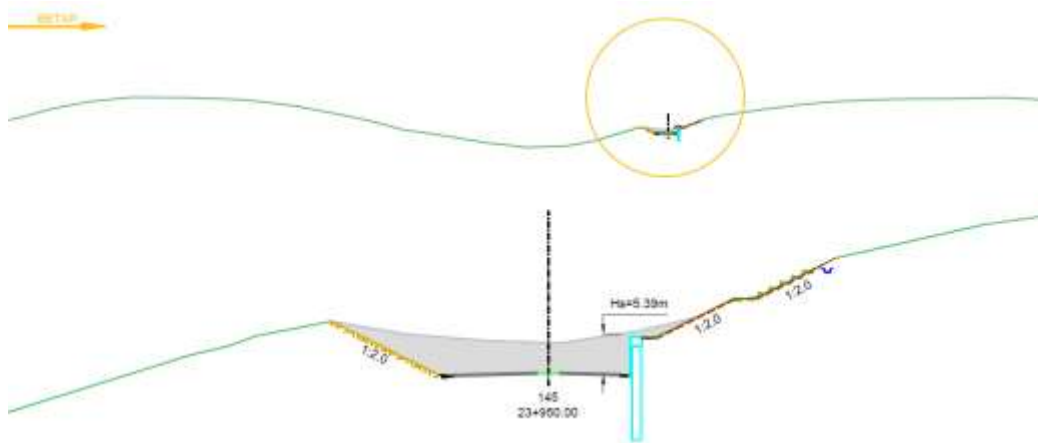
Слика 13. Сателитски снимак терена на профилу 143

Извор: Google Earth

Пројектом уређења путног појаса на профилу 143 (Слика 11) у ножици насипа предвиђена је сетва траве која нема капацитет задржавања снега. На косини усечене стране предвиђена је садња зимзеленог жбуња које има најбољи капацитет да задржи снег. У овом случају, за разлику од претходног профила 140, зимзелено жбуње неће утицати на задржавање снега на коловозу, јер се нанос снега налази испод висине потпорног зида.

2.3 Усек

Приликом прорачуна снежног наноса у усеку за преломну тачку одабран је крај косине, јер се на том месту битно мења изглед терена. Косине, и посебно дубина усека, значајно утичу на задржавање снега на коловозу. Усеци погодују формирању снежних наноса више него насипи и засеци. На профилу 145 висина снега је највећа на ивици банке и износи 539 см (Слика 14). Формирани снежни нанос одговара максималном капацитету задржавања снега на овом профилу који се ретко достиже у практичним условима.



Слика 14. Профил 145

Извор: Аутори рада

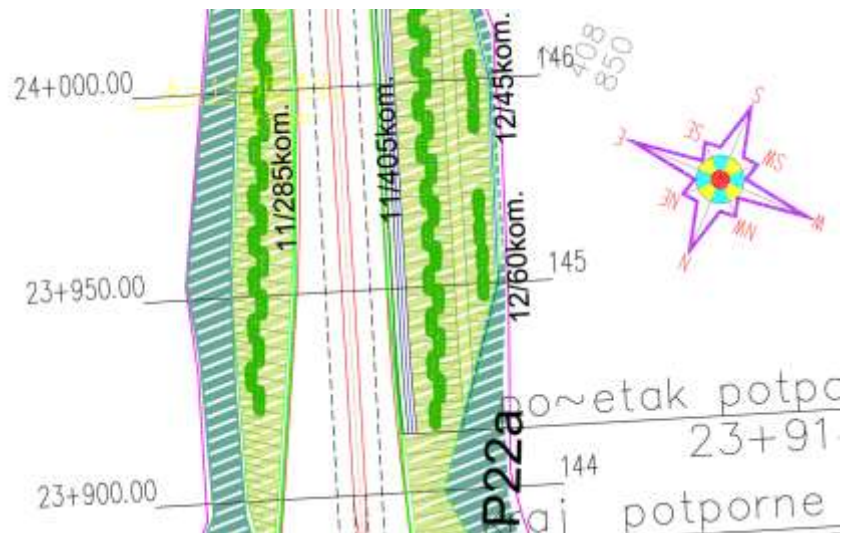
На самом крају косине, налази се појас аутохтоне вегетације од 120 m (Слика 15) који смањује количину снега која се надувава у усек.



Слика 15. Сателитски снимак терена на профилу 145

Извор: Google Earth

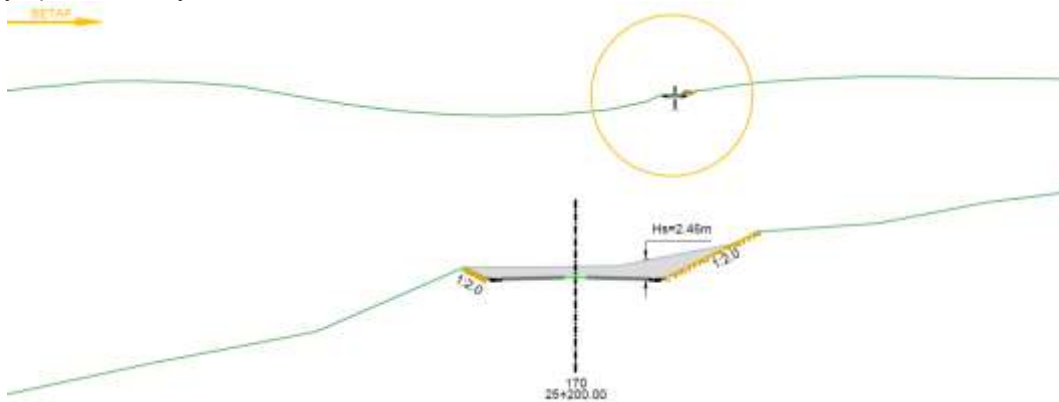
Пројектом уређења путног појаса предвиђена је садња зимзеленог жбуња на обе косине усека (Слика 16). Позитиван ефекат задржавања снега оствариће се на страни са које долази ветар, а на супротној косини, која је изнад потпорног зида, линија првог реда садње приближно се поклапа са крајем снежног наноса.



Слика 16. Пејсажно уређење, профил 145

Извор: Пројекат уређења путног појаса

На профилу 170 висина снега је највећа на ивици банке и износи 246 cm (Слика 17). Формирани снежни нанос одговара максималном капацитету задржавања снега на овом профилу који се ретко достиже у практичним условима.



Слика 17. Профил 170

Извор: Аутори рада

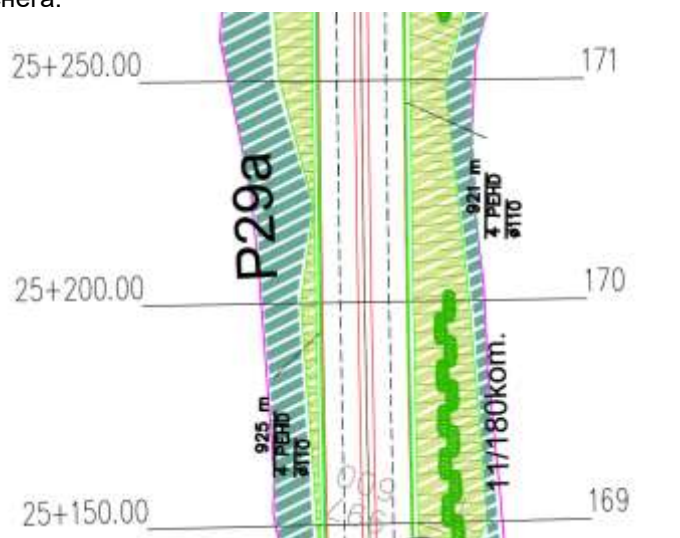
Количина снега која се наноси биће умањена услед присуства аутохтоне вегетације која расте у два појаса од 36 и 18 m (Слика 18).



Слика 18. Сателитски снимак терена на профилу 170

Извор: Google Earth

Пројектом уређења путног појаса предвиђена је сетва траве на обе косине (Слика 19) која нема капацитет задржавања снега.



Слика 19. Пејсажно уређење, профил 170

Извор: Пројекат уређења путног појаса

3. ЗАКЉУЧАК

Приликом пројектовања путева, неопходно је изаћи на терен у зимском периоду када постоји снежни покривач или користити сателитске снимке из зимског периода, и констатовати где се природно формирају снежни наноси. На тај начин може се прецизно утврдити из ког правца дува ветар који покреће снег на разматраној локацији. На основу досадашњих искустава и података надлежних ПЗП, снежни наноси се, из године у годину, формирају на истим локацијама, што указује да се правац ветра који ствара снежне наносе не мења. Рокови за израду пројеката су често толико кратки да их је немогуће ускладити са временским приликама и изласком на терен у зимском периоду. Ако се узме у обзир да се путеви граде за дуги низ година, укупни трошкови уклањања снега, оштећења која настају, као и смањена безбедност учесника у саобраћају, онда је од интереса да се још у фази пројектовања отклони или колико је могуће ублажи стварање снежних наноса.

У овом раду коришћен је Идејни грађевински пројекат као и Пројекат уређења путног појаса на којима нису примењиване мере заштите од формирања снежних наноса. Измене у распореду врста за озелењавање путног појаса могу да имају значајан позитиван ефекат на задржавање снега.

- На профилу 160 у појасу где су предвиђена стабла храста, појас четинарског дрвећа и зимзеленог жбуња имао би највећи капацитет задржавања снега.
- Профил 166 је пример доброг профила где практично нема формирања снежног наноса (само 9 см), а предвиђена је и садња борова у ножици насипа.
- На профилу 140 у ножици насипа липу је могуће заменити комбинацијом четинарског дрвећа и зимзеленог жбуња, што је од пресудног значаја за задржавање снега, јер на терену нема аутохтоне вегетације која би томе допринела. Зимзелено жбуње на косини усечене стране боље је заменити лишћарским које слабије задржава снег и померити колико је могуће на више делове косине.
- На профилу 143 косина насипа се озелењава сетвом траве. Међутим, остављена је зона аутохтоне вегетације која улази у експропријацију. На рубном делу тог појаса могуће је додати зимзелено жбуње (уз очување постојећег растиња), где простор то дозвољава, и тиме додатно обезбедити задржавање снега.
- На профилу 145 распоред и избор врста за озелењавање је добар. Смањење количине снега која се наноси у усек могуће је уз додатну садњу зимзеленог жбуња у зони где је остављена аутохтона вегетација (прогушћавање вегетације), а улази у експропријацију.
- На профилу 170, такође, треба применити прогушћавање аутохтоне вегетације која улази у зону експропријације.

У фази пројектовања било би корисно да се обрати пажња на ризик од формирања снежних наноса, као и на елементе који тај ризик умањују. Вегетација може веома ефикасно да утиче на задржавање снега, па је сарадња између различитих тимова на пројекту од пресудног значаја за добре резултате на терену.

Литература

- Tabler, R. D., 2003. *Controlling Blowing and Drifting Snow with Snow Fences and Road Design*. National Cooperative Highway Research Program Project.
- Tabler, R. D., 1994. *Design Guidelines for the Control of Blowing and Drifting Snow*. Strategic Highway Research Program. National Research Council, Washington, DC.
- Thordarson, S., 2002. *Wind Flow Studies for Drifting Snow on Roads*. Department of Road and Railway Engineering. Norwegian University of Science and Technology.
- Институт за путеве а.д. Завод за пројектовање „Траса“ и Саобраћајни институт ЦИП д.о.о., 2016. *Студија истраживања снежних наноса на државним путевима I реда*, Београд.

UKLAPANJE PUTA U POSTOJEĆU SREDINU KROZ PROJEKTOVANJE U SKLADU SA KONTEKSTOM

Asis. Vladan Ilić¹, master inž. građ.

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, vilic@grf.bg.ac.rs

Doc. dr Sanja Fric, dipl.građ.inž.

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, sfric@grf.bg.ac.rs

Asis. Filip Trpčevski, master inž. građ.

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, frpcevski@grf.bg.ac.rs

Asis. Stefan Vranjevac, master inž. građ.

Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, svranjevac@grf.bg.ac.rs

Rezime: *Moderni trendovi u projektovanju puteva nameću kao apsolutni imperativ potpuno uklapanje novoprojektovanog ili rekonstruisanog puta u postojeću prirodnu sredinu. Pored očuvanja prirodnih ambijentalnih celina i osnovnih estetskih standarda veoma je važno uključiti zainteresovanu javnost u proces projektovanja, a posebno u početnim fazama projekta. Projektovanje puteva osetljivo na kontekst (context sensitive design) predstavlja skup mera koje treba primeniti pored zvaničnih propisa za projektovanje puteva. Osim rastućih transportnih potreba i bezbednosti korisnika puta ove mere moraju uzeti u obzir sve zahteve i specifičnosti lokalne sredine kroz koju prolazi put. U ovom radu, pored značaja pravovremenog uključivanja javnosti u sve faze projekta, istaknuta je važnost zadovoljenja potreba lokalnog stanovništva za potpunu integraciju saobraćajnice u okruženje. Na praktičnim primerima biće pokazano kako pametno pripremljena vizuelizacija projektnih rešenja doprinosi boljoj prihvaćenosti i razumevanju projekta puta od strane lokalne zajednice.*

Ključne reči: *Context Sensitive Design, bezbednost saobraćaja, 3D model puta, uključenje javnosti.*

CONTEXT SENSITIVE DESIGN APPROACH FOR ROAD ALIGNMENT INTEGRATION INTO EXISTING ENVIRONMENT

Res. Asst. Vladan Ilić, M.Sc. C.E.

Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, vilic@grf.bg.ac.rs

Asst. Prof. Sanja Fric, Ph.D. C.E.

Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, sfric@grf.bg.ac.rs

Res. Asst. Filip Trpčevski, M.Sc. C.E.

Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, frpcevski@grf.bg.ac.rs

Res. Asst. Stefan Vranjevac, M.Sc. C.E.

Faculty of Civil engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, svranjevac@grf.bg.ac.rs

Abstract: Contemporary trends in road design impose as absolute imperative the full integration of a newly constructed or reconstructed road into an existing natural environment. In addition to the preservation of existing ambient areas and basic aesthetic standards it is very important to involve interested public in design process, especially in initial project design phases. Context Sensitive Design (CSD) represents a set of measures that should be applied besides the official road design regulations. Apart from growing transport needs and road user safety, these measures must consider all the requirements and special characteristics of the local environment through which the road passes. In this paper, in addition to the significance of the public involvement in all project phases on time, the importance of satisfying the needs of local population for the complete integration of the road into the environment was emphasized. Through practical examples will be shown how intelligently designed visualization of project solutions contributes to better acceptance and understanding of the road project by the local community.

Key words: *Context Sensitive Design, traffic safety, 3D road model, public involvement.*

¹ Vladan Ilić: vilic@grf.bg.ac.rs

1. UVOD

Projektovanje puteva je u suštini istraživački proces u kome je neophodno obezbediti odgovarajuću širinu pristupa, s jedne, i čvrstu hijerarhijsku uređenost, s druge strane [L.1]. Metodologija celovitog procesa projektovanja puteva, kao aktuelna tema u svetu, zapravo predstavlja uređeni proces u kome se omeđuje prostor i određuje mesto za primenu praktično svih poznatih naučnih metoda.

Planiranje i građenje putne mreže iziskuje veoma značajna investiciona sredstva i pored pozitivnih efekata njene izgradnje (npr. direktni i indirektni ekonomski efekti, usmeravanje prostornog razvoja države, podsticanje razvoja privrede itd.) valja istovremeno proceniti i negativne uticaje (zagađenja voda, zemljišta i vazduha, buka, saobraćajne nesreće itd.) (Slika 1). S druge strane, putevi su, po pravilu javno dobro i grade se iz zajedničkih sredstava te je, pored zahteva za definisanje optimalnog rešenja, u proces projektovanja puteva neophodno uključiti najširu javnost kada se donose odluke. Drugim rečima, pored objektivnih numeričkih dokaza o najpovoljnijem rešenju razumljivih samo za stručne učesnike odlučivanja, projektant mora obezbediti i informacije koje su razumljive za najširu javnost [L.1].



Slika 1. Najvažniji faktori koji utiču na izbor optimalnog rešenja pri projektovanju puta (Izvor: L.2)

Projektovanje puteva predstavlja izuzetno kompleksan istraživački proces u kome se prepliću mnogobrojna teorijska i iskustvena znanja. U tom složenom poslu vodeću ulogu ima građevinski inženjer koji kroz projektovanje i izgradnju objekta treba da obezbedi funkcionalnost i pravovremeno sagleda ekonomske i ekološke posledice, kao i posledice po sigurnost saobraćaja.

2. OSNOVE PROJEKTOVANJA PUTEVA OSETLJIVOG NA KONTEKST

Savremeni pristup rešavanju postavljenog projektnog zadatka, odnosno način dolaska do optimalnog rešenja, ogleda se pre svega u "projektovanju puteva u osetljivom kontekstu". Sam termin kontekst (eng. Context) nema definisano značenje u srpskom jeziku, a ni engleski jezik nema sasvim jasno tumačenje ovog izraza. U poznatom Webster - ovom rečniku pored reči Context navedena su sledeća tumačenja:

- međusobno povezani uslovi ili prilike u kojima nešto postoji,
- uplitanje delova (čestica) u celinu.

Projektovanje puteva osetljivo na kontekst zahteva da građevinski inženjeri prošire svoje poglede znanjima drugih naučnih i stručnih disciplina, a sredstva i metode analiza obogate postupcima koji omogućavaju veću efikasnost u radu i pouzdanost u donošenju odluka uz maksimalno angažovanje kreativnih sposobnosti. Najvažniji principi u projektovanju puteva osetljivom na kontekst kojima trebaju da se rukovode stručnjaci su:

- uravnotežiti sigurnost, mobilnost, potrebe zajednice i ciljeve zaštite životne sredine u svim projektima,
- rano i kontinuirano uključivati javnost i uticajne agencije, kao i sredstva javnog informisanja,
- proceniti ciljeve i svrhu svih vrsta putovanja na mreži,
- formirati interdisciplinarni tim prilagođen prema potrebama projekta,

- primenjivati fleksibilnost svojstvenu projektnim standardima,
- uključiti estetiku kao sastavni deo kvalitetnog projektovanja.

Poštujući principe projektovanja osetljivog na kontekst projektant mora rano da identifikuje sve fizičke, ekološke, socijalne, kulturne, estetske i funkcionalne (transportne) elemente projekta (Slika 2), pri čemu se od njega zahteva i dobro razumevanje vrednosti lokalne društvene zajednice pre početka izrade projekta. Sva novostečena znanja kroz pažljivo osmišljen i realizovan proces projektovanja osetljivog na kontekst projektant mora da skladišti u trajnom obliku, kako bi se pomoglo budućim generacijama da na osnovu potvrđenih iskustava ne prave greške i investicione promašaje [L.3].

Sastavni i nerazdvojni deo projektovanja puteva osetljivog na kontekst predstavlja kontinuirano uključenje javnog mnjenja u svim fazama projekta kako bi sva projektna rešenja i analize prošle kroz proces društvene verifikacije. Osnovna poruka koja se ovim procesom prenosi budućim inženjerima je da saobraćaj kao najuži inženjerski sadržaj celokupne planerske i urbanističke nauke oblikuje čitavo društvo i presudno utiče na njegov privredni razvoj, zbog čega je prostorno oblikovanje i konstruisanje značajnih putnih pravaca bez aktivnog učešća javnosti suprotno svim pravilima struke i zdravog razuma.



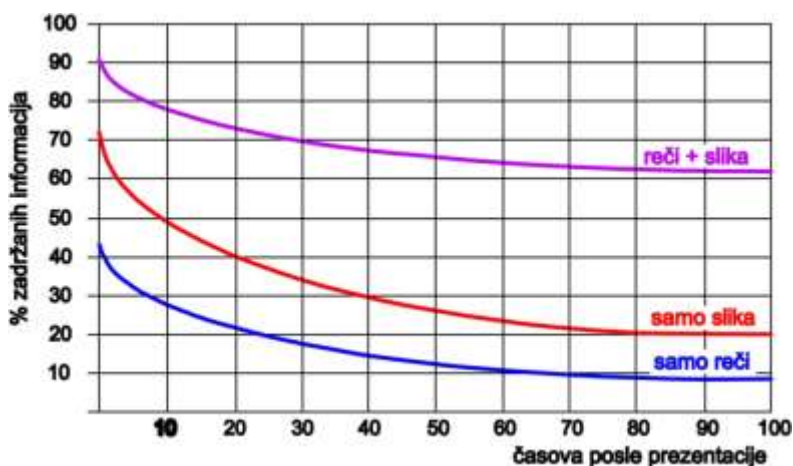
Slika 2. Uticajni parametri pri projektovanju puteva osetljivom na kontekst (Izvor: L.4)

3. PERSPEKTIVNE PROJEKCIJE I VIZUELIZACIJA PROJEKTNIH REŠENJA

Uklapanje puta u postojeću sredinu najbolje se može sagledati prilikom javne prezentacije projektnih rešenja. Video prezentacija, perspektivne slike i animacije na najbolji način mogu približiti osnovnu zamisao projekatana i inženjera najširem krugu zainteresovane javnosti i ukazati na sve potencijalne promene u životnoj sredini inicirane izgradnjom novog putnog pravca, raskrsnice ili drugih objekata putne infrastrukture. Najznačajniji segment javne prezentacije jeste vizuelna prezentacija predloženih varijantnih rešenja imajući u vidu činjenicu da se najveći broj informacija prihvata vizuelnom percepcijom i da te informacije najduže ostaju u svesti auditorijuma (Slika 3).

Projektovanje u skladu sa kontekstom (Context Sensitive Design - CSD) nameće kao imperativ uključenje javnosti u sve faze projektne razrade pre usvajanja optimalnog rešenja koje će biti izgrađeno i kasnije eksploatisano. Za uspešno ispunjenje zadatka pravovremenog javnog uključanja u proces projektovanja neophodno je pored završene tehničke dokumentacije, izraditi i dodatne materijale i priloge i posebno se pripremiti za javno izlaganje projekta. Suštinski problem je odabir informacija i način prikazivanja i prenošenja u zavisnosti od značaja putnog pravca i faze izrade projekta. Naravno, pretpostavlja se promena

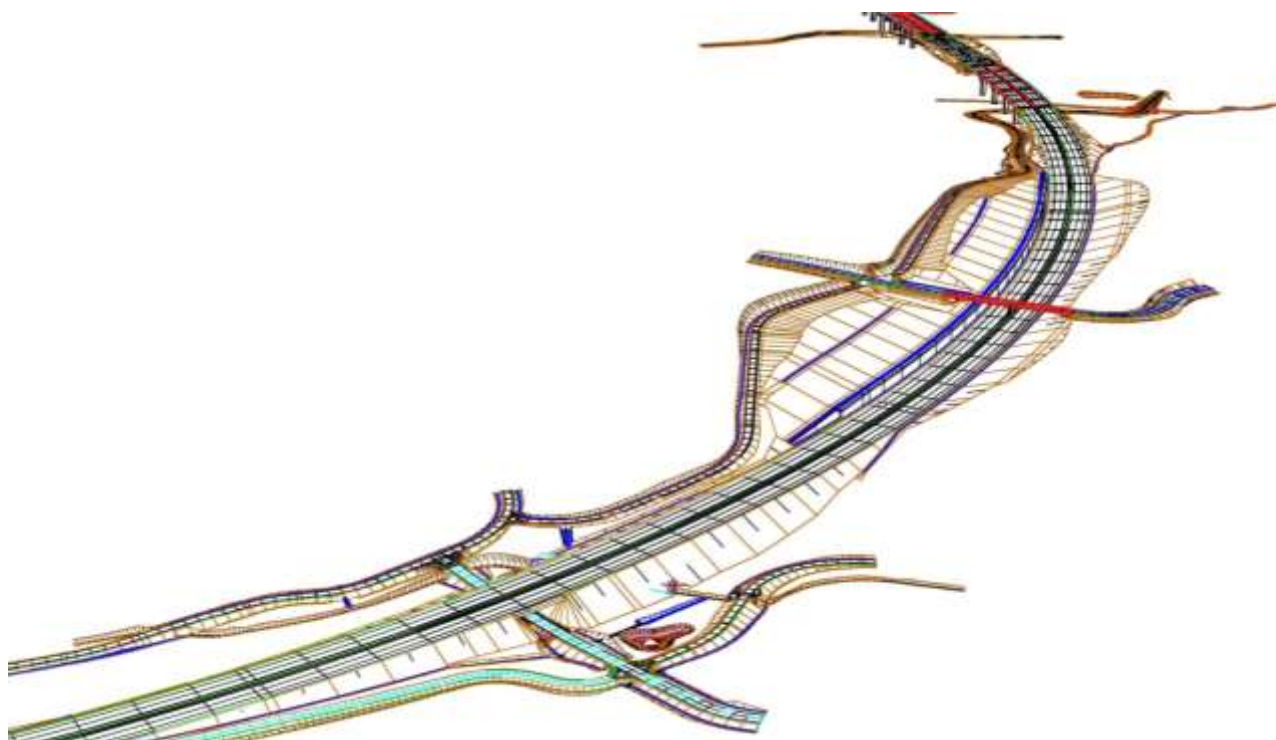
nivoa stručnog predznanja kod primalaca informacija, jer prilikom pripreme i organizacije materijala za stručnu i javnu prezentaciju projektant mora da postigne bitno različite efekte.



Slika 3. Zadržane informacije u zavisnosti od metoda izlaganja i proteklog vremena posle saopštavanja (Izvor: L.1)

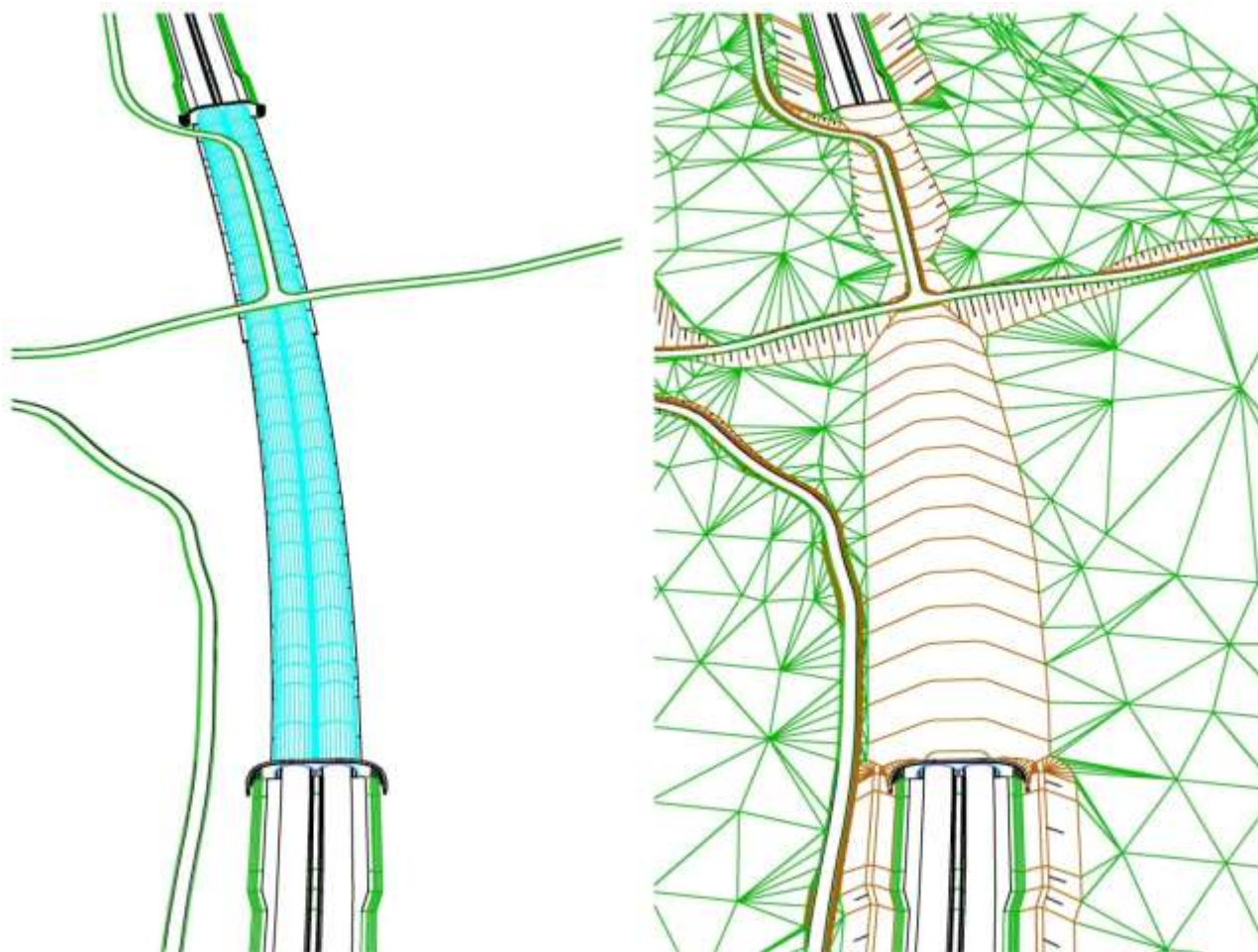
Danas, vodeću ulogu prostorne prezentacije projektnog rešenja imaju 3D modeli razvijeni na bazi programskog paketa AutoCad 3D ili AutoCad Civil 3D. Teren je najčešće predstavljen pomoću mreže pravilnih i nepreklapajućih trouglova (Triangular Irregular Network - TIN), a korišćenjem trouglova kao osnovnih 3D entiteta (3D face) modelirane su i druge prostorne determinante puta (useci, nasipi, kolovoz, bankine, kosine, odvodni jarkovi itd.) [L.5]. Opisana tehnika postala je standard u velikom broju zemalja prilikom prostornog modeliranja i prezentacije površinskih i denivelisanih raskrsnica, a njenom upotrebom u velikoj meri povećao se kvalitet i brzina izrade materijala za javnu prezentaciju.

Prilikom stručne prezentacije projekta samo se iz 3D modela projektovanog puta mogu videti stvarne razmere uticaja puta na postojeće terenske oblike i prostorne celine [L.6, L.7]. Najbolji primer za to su veliki autoputni projekti sa mnoštvom inženjerskih objekata duž trase autoputa (Slika 4). Ne treba zaboraviti da pored geometrije trupa autoputa treba rešiti i uklopiti u teren brojne prateće saobraćajnice da se ne bi poremetila funkcionalnost lokalne putne mreže i narušili tokovi lokalnog saobraćaja.



Slika 4. 3D model autoputa A5 Pesnica-Lendava-Granica Mađarske, Nova Gorica, Slovenija (Izvor: L.8)

Naročit izazov predstavlja 3D modeliranje inženjerskih objekata kao sastavnog dela trupa puta. To se posebno odnosi na ulazne i izlazne portale tunelskih konstrukcija autoputeva i njihovo uklapanje u postojeći teren. Kao što se vidi iz primera na Slici 5, samo detaljan 3D model pruža kompletan uvid inženjerima i revidentima angažovanim od strane investitora u promene prostornih odnosa koje će se nastupiti ako se usvoji prezentovano projektno rešenje.



Slika 5. 3D model tunela Reigersdorf na autoput Südatobahn A2, Feldkirchen, Austrija (Izvor: L.9)

Za razliku od 3D modela predstavljenog u formi TIN-a, koji je namenjen pre svega građevinskim inženjerima i stručnoj prezentaciji projekta, za široki auditorijum sa niskim nivoom stručnog znanja najpogodniji oblik za predstavljanje projekta jeste putem perspektivnih slika i animacija [L.10]. Putem perspektivnih prikaza novoprojektovanog objekta lokalno stanovništvo, koje odlično poznaje karakteristike terena i prostorne odnose sredine u kojoj živi, može na jasan način da sagleda kako će se izgradnjom nove putne infrastrukture promeniti njihova životna sredina. Verodostojan perspektivni prikaz svih putnih objekata, a posebno denivelisanih raskrsnica (Slika 6), moguće je napraviti jedino na osnovu prethodno urađenog 3D modela objekta i njegovog preciznog uklapanja u postojeći teren.

Projekat, u suštini, mora biti priređen tako da su rešenja razumljiva prosečnom građaninu i, što je izuzetno važno, oslobođen preterane detaljnosti i tehničkih aspekata [L.1, L.12]. U tom procesu ne sme se izgubiti veza sa osnovnim tehničkim elementima, odnosno, informacija se oblikuje ali se ne menja suštinski. Numerički podaci koji su prezentirani u tehničkoj dokumentaciji su merodavni za pripremu prezentacije prilikom stručne revizije projekta, ali su praktično neupotrebljivi u izvornom obliku na nivou javne prezentacije pa se moraju preraditi na nivo makropokazatelja, a sigurno da su razumljiviji za najširu javnost u odgovarajućoj grafičkoj interpretaciji. Primera radi, situacioni plan se dopunjava, npr., panoramskim fotografijama radi lakše orijentacije, efekti i posledice se simbolički i šematski prikazuju, poprečni profili se proširuju i upotpunjuju detaljima okoline itd.

Veoma je značajno korišćenje fotografije i izrada sintetičkih fotografija (fotomontaža) uklapanjem statičke perspektive novoprojektovanog puta na urazmerenu fotografiju, pri čemu se izuzetno dobri rezultati postižu

korišćenjem softvera za "3D" perspektivnu fotomontažu. Prikazivanje koridora novoprojektovanog puta na panoramskim fotografijama služi kao dodatna informacija o posledicama po funkcionalnu organizaciju prostornih celina. Prethodno navedene činjenice ukazuju na neophodnost angažovanja profesionalnih fotografa i fotomontažera kao sastavnog dela tima za pripremu vizuelne prezentacije projekta. Napretkom tehnike, a posebno metoda snimanja terena i obrade geodetskih snimaka, u znatnoj meri je olakšano sagledavanje ukupnih razmera prostornog odnosa puta i okoline korišćenjem satelitskih snimaka. Velika prednost vizuelizacije u odnosu na ostale metode izlaganja je jasna slika promene stanja u prostoru "pre" i "posle" projektovanja novog putnog pravca, denivelisane ili površinske raskrsnice (Slika 7).



Slika 6. Perspektivni prikaz denivelisane raskrsnice tipa "KRUŠKA" (Izvor: L.11)



Slika 7. Vizuelizacija varijantnog rešenja denivelisane raskrsnice tipa "TRUBA": a) postojeće stanje; b) novoprojektovano stanje sa denivelisanom raskrsnicom i priključnim putem (Izvor: L.13)

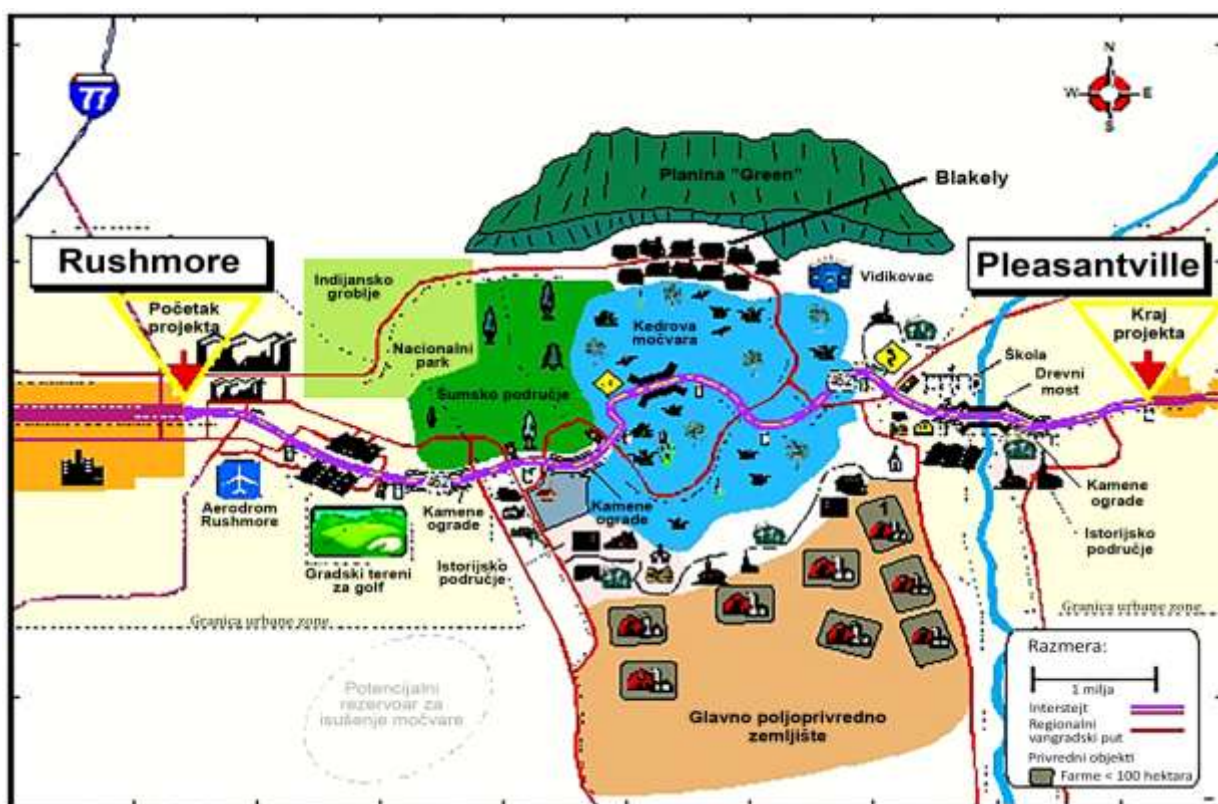
Kroz pametno osmišljenu vizuelizaciju "prostornih posledica" izgradnje puta, prosečan građanin ima priliku da najbolje shvati poruku koju mu šalje projektant i da razume kako bi budući put mogao da izgleda u odnosu na trenutno stanje. Prilikom vizuelizacije puta ne sme se izgubiti veza sa elementarnim tehničkim elementima, odnosno, vizuelizacija se ne sme koristiti kao sredstvo da se sakriju tehnički i funkcionalni nedostaci projekta [L.14]. Lepo osmišljena vizuelizacija gubi racionalni smisao ako je put projektovan u pogrešnom koridoru, na pogrešnom mestu ili ako ne postoji ekonomska opravdanost za njegovu izgradnju.

4. UKLJUČENJE JAVNOSTI I LOKALNE ZAJEDNICE U DONOŠENJE ODLUKA

Demokratsko uključivanje javnosti u društvenu verifikaciju projekta puta predstavlja ozbiljan zadatak za društvo, investitora i projektanta. Uspešno izvršavanje ovog zadatka podrazumeva strogo definisanje preciznog plana uključivanja javnosti i procedura za njegovo sprovođenje. Potrebno je utvrditi jasan metodološki postupak za javni uvid u projektna rešenja i usvojiti jedinstvenu strategiju medijskog nastupa, kako bi se izbegle zamke dvojakog tumačenja ciljeva i posledica izgradnje puta. Od svih učesnika pri donošenju društveno verifikovanih odluka investitor ima najznačajniju ulogu, jer njegova obaveza je da snosi sve troškove javne prezentacije i drugih aktivnosti u kojima treba ravnopravno da učestvuju građani, stručna udruženja i ovlašćeni predstavnici lokalne zajednice.

Investitor mora prvo da formira poseban istraživački tim za prikupljanje svih neophodnih podataka i resursa, potrebnih za pravovremeno uključivanje zainteresovanih organizacija i pojedinaca u skladu sa značajem putne deonice. Istraživački tim koji prikuplja neophodne informacije za organizovanje javnih diskusija i radionica ima veliku odgovornost, jer prilikom istraživanja i skupljanja podataka mora da obrati pažnju na veliki broj različitih uticaja. Osim prikupljanja svih podataka vezanih za društvene, prostorne, ekološke, ekonomske karakteristike područja, tim paralelno mora da analizira očuvanje postojeće kulturno-istorijske baštine, starih kuća i objekata sa specifičnom arhitekturom, ambijentalnih celina sa starim kamenim ogradama i zidovima, retkih biljnih i životinjskih vrsta, arheoloških nalazišta itd [L.15].

Prilikom analize svih parametara novoprojektovanog ili rekonstruisanog puta koji direktno utiču na društvenu zajednicu, pored sintezne karte ograničenja izrađeno na osnovu zahteva projekatanta puta, veoma je korisno izraditi preglednu kartu svih mogućih uticaja koji su predmet interesovanja najšire javnosti i lokalnog stanovništva [L.16]. Pomenuta karta ne treba da sadrži precizne tehničke podatke o usvojenim rešenjima niti geometrijske elemente trase puta, već samo osnovne pokazatelje odnosa puta prema okolini koji su razumljivi za sve građane zajednice (Slika 8).



Slika 8. Inicijalna sintezna karta odnosa puta prema široj okolini pripremljena za potrebe prve javne prezentacije novoprojektovanog puta između gradova Rushmore i Pleasantville u američkoj saveznoj državi Kentucky (Izvor: L.16)

Razrada i usvajanje generalnog plana uključivanja javnosti predstavlja najvažniji korak ka pozitivnoj društvenoj verifikaciji projekta puta i zbog njegove važnosti mora mu se posvetiti najveća pažnja. Takođe, na njegovoj izradi trebaju biti angažovani najstručniji inženjeri i specijalisti za pojedine oblasti. Generalni plan za uključivanje javnosti se realizuje kroz sledeće planske korake [L.17]:

- inicijalni sastanak tima za izradu generalnog plana uključivanja javnosti;
- prvi sastanak sa zainteresovanim građanima ili prva javna radionica;
- naredni sastanci istraživačkog tima, odnosno, tima za izradu generalnog plana;
- druga javna radionica za uključivanje javnosti;
- zaključni sastanak tima za prikupljanje informacija i izradu generalnog plana uključivanja javnosti;
- poslednja javna radionica i definisanje konačnih zahteva predstavnika javnog mnjenja, predstavničkih tela građana, stručnih udruženja i organa uprave.

Novine, elektronski mediji, kao i globalna dominacija interneta i društvenih mreža oblikuju svest i razmišljanja modernog čoveka i presudno utiču na njegovo ponašanje i stavove o određenim pitanjima. Veliki broj različitih podataka postao je lako dostupan običnom građaninu, koji ima skoro neograničen izbor između sadržaja i informacija koje mu se nude. Prilikom izrade i realizacije plana uključenja javnosti u donošenje odluka, sve prednosti sredstava javnog informisanja mogu doći do punog izražaja. Zadatak istraživačkog tima investitora je da metodološki definiše uključenje javnosti putem sredstava javnog informisanja na početku procesa društvene verifikacije projekta puta.

Moderno organizovane uprave za puteve, kao upravljači i koordinatori razvoja putne mreže i najveći investitor u izgradnju puteva, imaju zakonski definisnu obavezu uključenja javnosti u sve projekte puteva od državnog interesa. Sastavni deo njihovog stručnog tima čine i profesionalci za pripremu javnih prezentacija i drugih sadržaja za multimedijalni pristup zainteresovane javnosti. Osim organizovanja posebnih telefonskih linija za pitanja građana, svaka savremena direkcija za puteve ima uređen i sistematizovan web - portal sa svim potrebnim informacijama o aktivnostima direkcije i trenutnim projektima. Zbog velikog značaja uključenja javnosti kao ravnopravnog učesnika u procesu projektovanja puteva, i transparentnosti rada uprave za puteve, organizuju se posebne stručne službe za odnose sa javnošću u okviru direkcije.

5. ZAKLJUČAK

Putevi čine sastavni deo životne sredine i neophodan uslov za normalan život savremenog čoveka. Izgradnjom saobraćajnica trajno se zauzima i devastira značajan deo prostora u postojećim prirodnim i ambijentalnim celinama radi zadovoljena saobraćajnih potreba svih stanovnika određenog područja. Zadatak građevinskih inženjera i svih drugih stručnjaka raznih profila, angažovanih na projektovanju puteva, nije samo prosto ispunjenje forme kroz numeričke i grafičke priloge u tehničkoj dokumentaciji koji potvrđuju da je put projektovan u skladu sa važećim standardima, već projektovanje putne mreže sa ciljem ispunjenja svih zahteva lokalne zajednice koji fundamentalno ne utiču na osnovnu koncepciju projekta.

Projektovanje puteva osetljivo na kontekst proces projektovanja ne svodi samo na formalno izvršavanje zakonskih procedura i regulativa, već kroz kontinuirano uključivanje lokalne zajednice, optimizaciju projektnog rešenja maksimalno podređuje očuvanju postojećih ambijentalnih celina i skladnih prostornih odnosa. U radu su navedeni ključni principi i ideje koje promoviše projektovanje u skladu sa kontekstom:

- Ravnoteža između zahteva bezbednosti, mobilnosti zajednice i okoline primenjena u svim projektima puteva od interesa za lokalnu sredinu;
- Uključenje javnosti i nezavisnih stručnih udruženja u ranim fazama projekta, kao i kontinuirano praćenje razvoja projektne dokumentacije po fazama;
- Angažovanje interdisciplinarnog tima u skladu sa potrebama projekta;
- Fleksibilnija ograničenja iz aktuelnih projektnih standarda i propisa pri definisanju osnovnih karakteristika projekta;
- Uvođenje estetskih kriterijuma kao neophodnog dela uspešnog dizajna;
- Posvećenost očuvanju postojećih kulturno-istorijskih, društvenih, ekoloških i ambijentalnih vrednosti sredine kroz koju prolazi put.

Prilikom definisanja ključnih geometrijskih elemenata trase (normalni poprečni profil, osovina u situacionom planu, niveleta u podužnom profilu itd.) mora se veoma pažljivo sagledati kako se projektovana trasa uklopila u postojeći teren, a jedini način da se to racionalno uradi jeste izrada detaljnog 3D modela budućeg puta. Za potrebe stručne prezentacije i verifikacije projekta dovoljno je prikazati 3D model u formi TIN-a budućeg objekta uklopljenog u postojeći teren, dok je za javnu prezentaciju projekta neophodno pripremiti dodatne materijale razumljive najvećem delu zainteresovanog građanstva. Tu, u prvom redu, spadaju razne vizuelizacije i perspektivne slike analiziranih varijantnih rešenja kombinovane sa posebno pripremljenim satelitskim snimcima i različitim simulacijama vožnje po projektovanom putu. Za najznačajnije poteze putne mreže, za potrebe javne prezentacije, proširenje tehničke podrške (npr., makete, film, multimedijalni pristup itd.) ima punog opravdanja, budući da je reč o najširem krugu zainteresovane javnosti i najznačajnijim društvenim investicijama koje moraju biti predmet i najšire društvene verifikacije.

Korišćenje moderne tehnologije donelo je ogroman napredak u brzini izrade projektne dokumentacije i analizi ključnih prednosti i mana predloženih projektnih rešenja. Međutim, u središtu procesa projektovanja puteva osetljivog na kontekst i dalje ostaje inovativnost i kreativna sposobnost projektanta da, poštujući sve prethodno navedene principe, sintetizuje najveći broj zahteva lokalne zajednice kako bi svi stanovnici izgrađeni put prihvatili kao skladan i uređen deo svog životnog prostora.

Literatura

- [1] Anđus, V.; Maletin, M. (1993). *Metodologija projektovanja puteva*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija.
- [2] KTC (2016). Kentucky Transportation Center, University of Kentucky, College of Engineering. (on-line) available at: <http://www.ktc.uky.edu> (16.12.2016)
- [3] Vranjevac S., Ilić V., Trpčevski F. (2015). *Projektovanje puteva osetljivo na kontekst*, Međunarodna konferencija "Savremena dostignuća u građevinarstvu", Zbornik radova, 24. april 2015., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Srbija, 467-472.
- [4] Zimmer, A.C. (2001). *What is Context? Context sensitive design workshop: "Design Excellence Through Context Sensitive Design"*, June 25-27, 2001, St. Paul, Minnesota, USA.
- [5] Gavran, D. (2012). GCM++ User manuel, Gavran-Civil Modeller, Beograd, Srbija.
- [6] Gavran, D. (2002). *Road Design in 3D (Moving from 2D to 3D)*. 3rd IRF International Road Congress for South East Europe, September 30 - October 03, 2002, Belgrade, Serbia.
- [7] Gavran, D. (2008). *3D Based Road Design*. 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation - AATT 2008, May 28-30, 2008, Athens, Greece.
- [8] GINEX-Nova Gorica (2002). *Glavni projekat autoputa A5 Pesnica-Lendava-granica Mađarske, deonica Cogetinci-Vučja Vas*, Projektanti Lazarević D.; Gucić V.; Milovanović I. i dr., konsultant Gavran D. Investitor - Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, Slovenija.
- [9] Kassmannhuber (1998). *Glavni projekat tunela Reigersdorf (Objekat G 66) na autoputu A2 (Südautobahn)*, Projektant Kassmannhuber J., konsultant Gavran D. Investitor - Österreichische Autobahn und Schnellstrassen Aktiengesellschaft, Feldkirchen, Austrija.
- [10] Ilić, V., Miličević, S. (2012). *Uključenje javnosti u donošenje odluka u procesu projektovanja puteva*. Treći BiH kongres o cestama, Zbornik radova, 20-21. septembar 2012., Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 47-58.
- [11] Papić, Z. (2006). *Idejno rešenje denivelisane raskrsnice "Vapa" na Pešterskoj visoravni* - Diplomski rad. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija.
- [12] Anđus, V., i dr. (2001). *Metodologija projektovanja rekonstrukcije puteva*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Srbija.
- [13] TDOT (2017). Interstate 75 - Route 475 (Knoxville Beltway). Federal Highway Administration, Tennessee Department of Transportation - TDOT, Nashville, Tennessee, USA. (on-line) available at: <https://www.tn.gov/tdot/> (7.05.2017)
- [14] AASHTO (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials-AASHTO, 6th edition, Washington, DC, USA.
- [15] FHWA (2017). *Context Sensitive Solutions - Primer*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, DC, USA. (on-line) available at: https://www.fhwa.dot.gov/context/css_primer/docs/FHWA_CSS_Primer.pdf (20.05.2017)
- [16] Hartman, D. (1999). *Thinking Beyond the Pavement*, The Case Study. Context Sensitive Design Workshop, 2nd session, Kentucky Transportation Center, University of Kentucky, USA.
- [17] AASHTO (2017). *A Guide for Achieving Flexibility in Highway Design*, American Association of State Highway and Transportation Officials-AASSHTO, Washington, DC, USA. (on-line) available at: [https:// www.contextsensitivesolutions.org/content/reading/guide-for-achieving-flexibility/](https://www.contextsensitivesolutions.org/content/reading/guide-for-achieving-flexibility/) (11.06.2017)

ЗАШТИТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈИ САОБРАЋАЈНИЦА – НЕКИ АСПЕКТИ

Владета Вујанић¹

11000 Београд, Цара Николаја II 61^о; e-mail: v.vujanic944@gmail.com

Слободан Недељковић

11000 Београд, Јужни Булевар 38 Београд; e-mail: slnedeljkovic@sbb.rs

Милован Јотић

11000 Београд, Николаја Гогоља 88, e-mail: mjotic@hotmail.rs

Резиме: У текућем саобраћају, на саобраћајницама учествују и потенцијални транспортни загађивачи и они су посредно у интеракцији са тереном саобраћајница. Дуж терена саобраћајница присутни су инжењерскогеолошки процеси и појаве (повредљивост терена), али и техничко технолошке карактеристике (деоница) терена, које патиципирају пратећу инфраструктуру и која до сада није уважавана.

Повредљивост терена манифестована изненадим активирањем инжењерскогеолошких појава, може утицати на хаварије загађивача учесника у саобраћају.

Техничко технолошка својства терена на местима потенцијалне хаварије загађивача, одређују потенцијал степена загађења терена на месту хаварије загађивача учесника у саобраћају.

Стога, овим радом, аутори желе да укажу на потребу разраде методологије рејонизације терена дуж савремених путних саобраћајница (основне принципе и критерије), по параметру подобности према врсти загађења. Методологија би за потребе израде планских докумената и пројектне документације, а посебно за потребе експлоатације, односно одржавања саобраћајница (кроз израду опште карте подобности), - користила за валоризацију терена (параметре) према степену осетљивости на врсту загађења. Констатована валоризација потенцијала терена (потенцијално очекивану), треба да утиче на посебну сигнализацију дуж путне саобраћајнице намењену загађивачима, учесницима у саобраћају.

Кључне речи: Саобраћајнице, транспортни загађивачи, повредљивост терена, рејонизација терена по осетљивости на врсту загађења.

ENVIRONMENTAL PROTECTION IN ROADS EXPLOITATION – SOME ASPECTS

Vladeta Vujanic

11000 Belgrade, Cara Nikolaja II 61^o; e-mail: v.vujanic944@gmail.com

Slobodan Nedeljkovic

11000 Belgrade, Južni Bulevar 38; e-mail: slnedeljkovic@sbb.rs

Milovan Jotic

11000 Belgrade, Nikolaja Gogolja 88, e-mail: mjotic@hotmail.rs

Abstract: Potential traffic pollutants involved on a road network in a current traffic are indirectly in interaction with a road ground. Engineering-geology processes and phenomena (terrain vulnerability) as well as techno-technological properties (road sections) of the ground, that participated in supporting infrastructure presented along the ground of the roads, have not been respected till now.

Terrain vulnerability manifested with suddenly activation of engineering-geology phenomena, might have influence on traffic pollutants accidents.

Techno-technology properties of terrain, at the places of potential accidents of traffic pollutants, determine potential degree of ground pollutions on subjected places.

Therefore, through this paper, authors would like to indicate a need for development of methodology of terrain zoning along the modern traffic roads (basic principals and criteria) according to sensitivity parameter by type of pollution. For the purposes of planning and design documents preparation, especially for the purpose of exploitation, respectively for road maintenance (through developing of general suitability map) for terrain evaluation methodology would use, parameters according to the sensitivity degree to a type of pollution. Ascertained evaluation of terrain potential (potentially expected), should influence to a special signalling along the traffic road that are intended for traffic pollutants.

Key words: traffic roads, traffic pollutants, terrain vulnerability, terrain zoning according to sensibility by type of pollution.

¹Владета Вујанић, e-mail: v.vujanic944@gmail.com

1. УВОД

Путне саобраћајнице су линиски објекти, велике дужине и мале ширине (у поређењу са дужином). Оне пресецају терене различитих морфолошких контрастности али и различитих инжењерскогеолошких својстава. При интеракцији терен – објект (терен - створени део саобраћајнице), ова најтешња повезаност обједињује се у јединствен систем, са својим међусобно заједничким обележјем.

Под појмом ширине путног праваца саобраћајнице, аутори овог рада подразумевају део геолошке средине који је до 60 метара, лево и десно од коловоза саобраћајнице. Експлоатациони век саобраћајнице везан је за трајност коловозне конструкције и објекта који чине њен саставни део у одвијању текућег саобраћаја. У току експлоатационог века саобраћајнице геолошка средина путног правца сматра се непроменљивом, што се може узети као тачно, ако се посматра геометријска грађа те геолошке средине. Но, особености физичко механичких својстава литолошких чланова те средине под утицајем инжењерскогеолошких процеса, битно бивају измењени а са њим, **и техничко технолошка својства тих чланова, који граде геолошку средину.**

Техничко технолошка својства литолошких чланова геолошке средине важна су, јер су у тесној интеракцији са створеном средином. Тако нпр., познавање општег механичког својства кога чине парцијална својства, вома је важно при изградњи саобраћајнице (лит.1). Опште механичко својство геолошке средине карактерише понашање литолошких чланова (које је граде), при деловању механичког оптерећења. Наведено опште механичко својство карактеришу парцијална својства, као што су: еластична, пластична, својство чврстоће и реолошко својство. Свако од ових парцијалних својстава изражава се одређеним физичким параметром. При изградњи саобраћајнице предузимају се грађевински захвати које траже мере заштите животне средине.

2. ПОСТАВКА ПРОБЛЕМА

Безбедоносни аспект саобраћајница је синтезног типа и у себи интегрише мноштво парцијалних утицаја. Тако, безбедно одвијање текућег саобраћаја на саобраћајницама тражи и испуњавање стандарда који доприносе заштити животне средине. Саобраћајнице имају различите категорије и најживљи саобраћај уз повећане брзине возила, одвија се оним, са највишљом категоријом значаја.

Саобраћајнице са највишљом категоријом значаја, треба третирали као сложени техничко технолошки систем кога чини створени део (грађевински) и терен који је у најтешњој интеракцији са створеним делом. Возила текућег саобраћаја по коловозу својом хаваријом (уколико превозе загађивачки материјал), непосредно угрожавају терен који је у саставу створеног дела, а преко њега и простор заузет саобраћајницом, и даље ширење се наставља кроз проводљивост флуида геолошке средине или присутног водотока.

Функција саобраћајнице је у континуираном експлоатационом режиму у целом времену њеног века експлоатација. Саобраћајница не може да се сруши, али њен континуирани експлоатациони режим може бити редукован до неприхватљиве економске штете. Отуда, функцију саобраћајнице између осталог, треба разматрати са аспекта прекида саобраћаја и његовог безбедног одвијања, и у свему томе тражити еколошку безбедност.

Чињеница је, да у фази експлоатације саобраћајница долази до промена општих механичких својстава, која се манифестују развојем инжењерско геолошких процеса, са честом појавом клизишта и других нестабилности, слика 1. Поред тога, за фазу експлоатације постају важна и друга општа својства, као што је нпр., опште хидро гасовито својство.

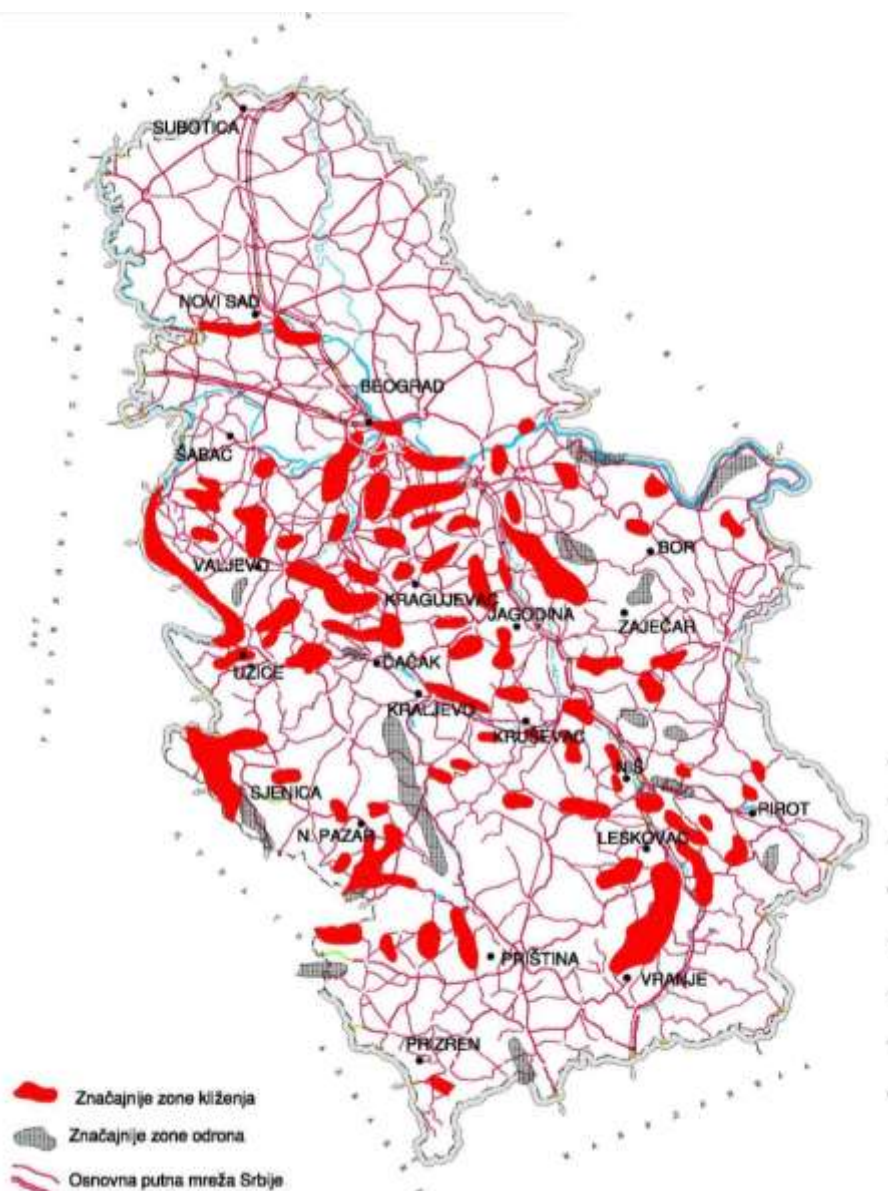
У фази експлоатације саобраћајнице у текућем саобраћају учествују возила која превозе **опасан терет**, који при инцидентним ситуацијама постаје загађивач. Зато је важно да геолошка средина на месту инцидента има потенцијала да прихвати то загађење, и спречи његово ширење ван места инцидента у датом временском домену. Прихватање загађења омогућује и брзу нормализацију текућег саобраћаја. За све те ургентне одлуке, важно је познавање техничко технолошких особености геолошке средине на месту саобраћајног инцидента.

Елиминација последица инцидента (током експлоатације саобраћајнице), који имају потенцијал значајнијег загађења спада у домен **цивилне заштите**. Укључивање цивилне заштите тражи ургентне одлуке у поступку отклањања последица, и зато је значајно да за те одлуке постоје конкретне информације о техничко технолошким својствима терена на простору догађања инцидента.

Наведене чињенице показују, да је за бригу о терену саобраћајнице и познавању (промене), његовог техничко технолошког својства у временском домену, потребно приступити са третманом одржавања саобраћајнице у сталној функцији.

3. АНАЛИЗА ПРИСТУПА ТРЕТИРАЊУ ТЕРЕНА У ФАЗИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Одржавање функције саобраћајнице на нивоу који захтева безбедно одвијање саобраћаја тражи бригу о терену, како не би инжењерско геолошки процеси и појаве угрожавале саобраћај, као и бригу да саобраћајни инциденти са потенцијалом загађења не угрожавају ту функцију. Пракса показује, да поменута брига која се поштује у фази пројектовања саобраћајнице, не може да има неопходну трајност (током века њене експлоатације).

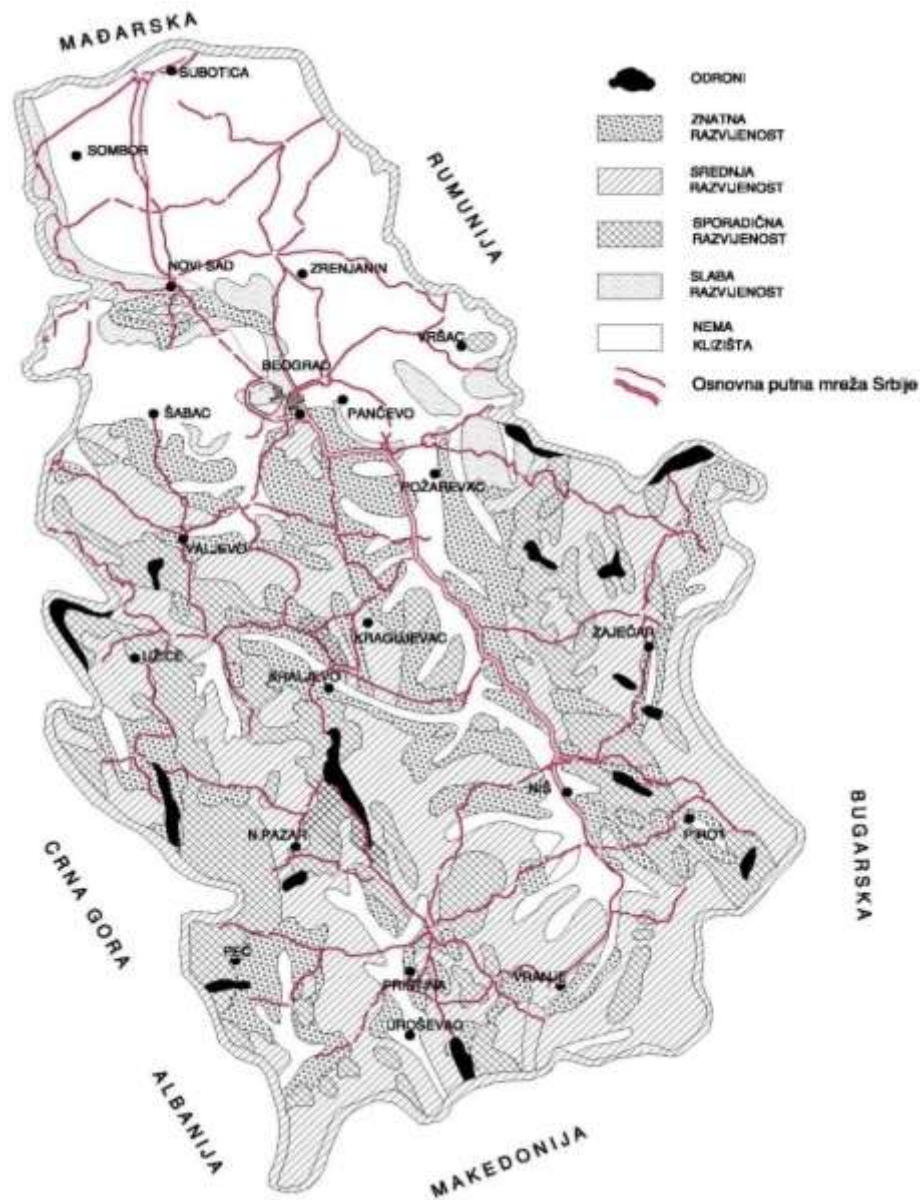


Сл.1. Идентификација зона нестабилности по интензитету опасности и врсти потенцијалне нестабилности

Figure 1: Identification of instable zones per hazard intensity and type of potential instability

У фази пројектовања и изградње саобраћајница, потенцијална клизишта која су приказана на слици 1, нису била ту, или пак, нису била активна, тако да нису представљала ограничење при изградњи саобраћајница. Ако је и било (потенцијално) те врсте нестабилности, на и око њих, оне су пројектом и изградњом, а касније у експлоатацији саобраћајнице (требало да буду) саниране.

Међутим, у пракси није увек, баш тако? Због сложених геолошких услова, какав је простор Србије (слика 2), током експлоатације путних саобраћајница, присутна је њихова (стално) потенцијална угроженост **клизиштима**, било да се активирају **стара** или појаве **нова клизишта**, поготову у брдско-планинским деловима терена. Што у случају инцидентних загађења (**на њима**), додатно усложњава и отежава њихове услове санирања и одржавања. Јер, су појаве активних клизишта „**лоша места**“, дуж изграђене саобраћајнице за случајеве инцидентног загађења (изливом опасних и штетних материја), због деформисања и оштећења коловоза и трупа пута. Затим, нарушавања и промене структуре, односно физичко-механичких својстава геолошке средине у непосредном окружењу. Тиме се, стварају услови за непредвидиво и неконтролисано **загађење природне средине**, при саобраћајним инцидентима.



Сл. 2. Приказ степена развијености процеса клижења у зависности од геолошке грађе терена
 Figure 2: Review of degree of developing of landslide process depending on geological settings

Геолошка грађа која је приказана на слици 2, указује, да током експлоатације саобраћајница, **терен путног правца** у коме егзистира саобраћајница чека „**сазревање**“ измењених (изградњом), инжењерскогеолошких процеса, на „**окидач**“ који ће, сазрели процес, трансформисти у активну инжењерскогеолошку појаву, слика 1 (лит. 2, и 4).

На жалост, то се и потврдило појавом циклона „**Тамара**“ 2014.год., када је услед обилних падавина дошло до активирања бројних, **старих и нових клизишта**, различитих димензија дуж путних саобраћајница у Србији, што је направило огромне материјалне штете и створило озбиљне проблеме у одвијању, безбедног саобраћаја на њима.

Треба истаћи, да су саобраћајнице доминантно у интеракцији (по геолошкој старости), са **квартарним деловима терена**, у којима су по правилу (у овим деловима), инжењерскогеолошки процеси врло интезивни.

У деловима терена који су геолошки старији од квартарних, инжењерско геолошки процеси нису тако интезивни, али на ове делове интезивно делују ендегени утицаји (атмосферилије температуре и др.), који утичу на њихово површинско распадање. Нестабилни делови те распадине, угрожавају безбедно одвијање саобраћаја на саобраћајници

Наведена реалност указује, да одржавање путне мреже саобраћајница у фази експлоатације, треба да претрпи неопходне допуне које имају, осим безбедоносне и пуну економску оправданост. У овом смислу је и наше залагање, да се у фази експлоатације саобраћајнице (за потребе непосредне интервенције, везане за еколошки транспортни инцидент), располаже информацијама о техничко технолошким особеностима терена (простора), на коме се инцидент догодио (или би се могао догодити), поготову ако су исти осетљиви на последице (ризик) овог догађаја.

Одлуке о непосредној интервенцији, да би оне биле правилне, траже да буду засноване на релевантним чињеницама, које карактеришу простор на коме се еколошки инцидент догодио, јер се тада може сагледати (могући) ланац последица нежељеног догађаја.

4. ПРЕДЛОГ ПРИСТУПА ТРЕТИРАЊУ ТЕРЕНА У ФАЗИ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ

Чињеница је, да се за дату саобраћајницу познаје геометријска грађа геолошке средине. Она је дефинисана у фази пројектовања саобраћајнице. За фазу експлоатације саобраћајнице и смањења ризика од еколошког угрожавања животне средине у саобраћајно инцидентним ситуацијама, при хаварији возила којим се врши транспорт загађивача, потребно је додатно извршити још, и реонизацију терена дуж саобраћајнице прилагођену особеностима очекиваних загађивача. У највећем броју то су, по агрегатном стању течни загађивачи, али на местима где је слабија проветрљивост саобраћајнице, треба разматрати и утицај гасовитог стања.

Рејонизацију терена, предлажемо да се сагледа са аспекта, три категорије утицаја течних (гасовитих) загађења. А то су, **безбедни терени, условно безбедни и небезбедни терени**, чије су основне карактеристике следеће:

1. У безбедне делове терена, убрајамо оне делове терена у којима нема (површинског) отицања и упијања течног загађивача (**тако да остаје као у чаши**), и на тај начин, је контролисана његова елиминација. То су „затворене водоносне средине“, дебљине површинског покривача – повлатног полупропусног и непропусног слоја, преко 10 м. Бочне границе чине непропусне стенске масе.

2.У условно безбедне делове терена, убрајамо оне делове терена, у којима је отицање и упијање загађивача веома успорено, тако да не угрожава шири простор у одређеном временском интервалу. То су „*полуотворене и полузатворене водоносне средине*“. У првом случају, стенске масе које чине водоносну средину, једним делом су на површини терена. У осталим деловима у повлати и подини су, полупропусне и непропусне стенске масе, дебљине од 2 – 5 м. У другом случају, дебљина површинског полупропусног покривача – повлатног слоја, је од 5 – 10 м. Бочне границе чине непропусне стенске масе.

3.У небезбедне делове терена, убрајамо оне делове терена **који веома брзо упијају течни загађивач и имају могућност да га трајно спроводе**. То су „*отворене водоносне средине*“, тј. стенске масе које чине водоносну средину на површини терена, или је повлатни слој (површински покривач), дебљине до 2 м.

Наравно, оваква генерална рејонизација терена, захтева да се, поред изведених детаљних инжењерскогеолошких, односно геотехничких истраживања, за потребе планирања и пројектовања, изведу (додатно) још, и одговарајућа хидрогеолошка и хидродинамичка истраживања (својстава стенских маса), које се налазе у ближој и широј зони предметне саобраћајнице. И да се, након тога, детаљније разраде гранични услови предложене рејонизације.

На овај начин, обезбедила би се **меродавнија информација**, надлежним службама о евентуалним потребама за интервенције у случају еколошког транспортног инцидента, зависно од техничко технолошких особености терена (осетљиви на ризик), потенцијалног догађаја. То значи, да ће се, у случају догођеног инцидента, унапред знати (према локацији догађања) о карактеру и размери (процени степена) учињене штете (ризик), нарочито кад је у питању потенцијално загађење подземних вода. Тиме се, уједно пружа прилика за брзу интервенцију (шта и како), да се што пре, те штете елиминишу, или сведу на прихватљив ниво, што је веома важно за заштиту животне средине.

Рејонизација терена по овим критеријумима би била, као **олеата опште карте подобности**, која се, иначе ради за пројектовање, изградњу и експлоатацију пута. Финално би се обликовала, по завршетку његове изградње, **односно уз архивски пројекат**, а касније би била део интегралног састава базе података дате (путне) саобраћајнице.

5. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

За потребе ургентног деловања у оквиру одржавања нормалне текуће функције саобраћајнице у фази њене експлоатације, у условима када возила која превозе опасан терет доживе хаварију, потребно је познавање особености геолошке средине простора локације хаварије **у смислу прихватања потенцијалног загађивача**.

Пут ургентне превентивне заштите је, да се задуженим лицима за ургентно деловање, тренутно пруже информације о локацији простора хаварије (возила које превози опасан терет), у којој је мери терен локације способан да прихвати потенцијално загађење.

Рејонизација терена, према потенцијалној осетљивости на загађење, **представља полазни основ** (принципе и методологију), за рационално управљање безбедносшћу у одвијању саобраћаја на саобраћајници.

Показано је, да се терен саобраћајнице не сме третирати као неизменљив у фази њене експлоатације, и да терен, инжењерскогеолошке појаве чине веома повредљивим. Тај факт, има крупне последице на његову интеракцију са нормалним одвијањем саобраћаја на коловозу. А, посебно на очување и заштиту животне средине, односно укупног еко система дуж (и око) изграђене саобраћајнице.

Кориговање садашњег приступа **о занемарљивој промени својстава терена**, који је интегрални део саобраћајнице током века њене експлоатације, има и пуну економску оправданост, јер доношење брзе одлуке, скопчано је са ризиком пропуштања пуне информације. То најчешће води, повећаним трошковима санације неповољне појаве.

Литература:

- [1] В.В. Ражевскиј, Г. Ја Новик: Основи физике горних пород. Москва „Недра“ 1984
- [2] Vladeta VUJANIĆ, Uticaj padinskih procesa na putno inženjerstvo Srbije. GEO-EKSPLO 2013, N. Sarajevo, hotel „Bistrica“ Jahorina, 31 мај – 2 јуни 2013 године.
- [3] Владета Вујанић: Изградња пута на лабилним и нестабилним теренима. Научно – стучни часопис „Пут и Саобраћај“, Београд бр.2/2015г (27 – 36).
- [4] Владета Вујанић, Слободан Недељковић, Милован Јотић: Повредљивост терена и прихватљив ризик у савременој средини неки аспекти. XI међународно научно стручни скуп „Савремена теорија и пракса у градитељству“, Бања Лука 14 – 15 мај 2015г (135 – 142)
- [5] Милован Јотић, Владета Вујанић, Миле Златковић, Кристина Божић-Томић: Клизишта и штете на државним путевима Србије, настале као последица мајских бујичних поплава 2014 године. Други српски конгрес о путевима, зборник апстракта (37), и на CD-у Београд, 9 – 10 јун 2016. године
- [6] Владета Вујанић, Слободан Недељковић, Милован Јотић: Инжењерско геолошке појаве као опасност у својству парцијалног ризика линиских објеката. Научно – стучни часопис „Пут и Саобраћај“, Београд бр.4/2016.г (37 – 43)
- [7] Владета Вујанић, Милован Јотић: Биљне заједнице као индикатори препознавања и санирања клизишта, вегетацијом и биотехногеном стабилизацијом. Други српски конгрес о путевима, зборник апстракта (37), и на CD-у Београд, 9 – 10 јун 2016. године.

SANACIJA KLIZIŠTA NA PUTEVIMA SRBIJE SREDSTVIMA IZ FONDA SOLIDARNOSTI EU I BUDŽETA REPUBLIKE SRBIJE

Zoran Radić¹, Zorana Radić², Uroš Đurić¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, e-mail: zoradic@grf.bg.ac.rs; udjuric@grf.bg.ac.rs

² Kancelarija za upravljanje javnim ulaganjima, Beograd, e-mail: zorana.radic@obnova.gov.rs

Rezime: Godina 2006. predstavljala je početak decenije u kojoj su se u više navrata (pomenute, pa zatim 2014. i 2016.g.) desili ekstremni klimatski uslovi u smislu obilnih i dugotrajnih padavina koje su prouzrokovale pojavu brojnih klizišta i drugih pojava nestabilnosti na terenima širom Srbije (sem Vojvodine). Procesi klizanja su naročito bili izraženi u centralnim, jugoistočnim i zapadnim delovima Srbije. Osim štete koje su izazvane u urbanim područjima, najveći problemi su se javili na saobraćajnicama u tim delovima zemlje, gde su često naselja bila odsečena od drugih usled aktiviranja većih klizišta, a na državnim putevima najčešća je bila pojava klizanja delova trupa nasipa ili padina iznad puteva. Preko vladine Kancelarije za upravljanje javnim ulaganjima tokom 2016. sanirana su 32 klizišta u različitim regionima Srbije, a početkom 2017.g. izvode se radovi na sanaciji još 6 klizišta. U radu su prikazani osnovni podaci o predmetnim klizištima, proces projektovanja i izvođenja radova na sanaciji, karakteristične i najčešće metode primenjivane pri stabilizaciji terena, dinamika i cena izvođenja radova na klizištima različitih dimenzija na putnoj infrastrukturi širom zemlje. Novčana sredstva za sanaciju klizišta u 2016. su obezbeđena iz Fonda solidarnosti Evropske unije, a u 2017. iz budžetske rezerve Republike Srbije.

Ključne reči: sanacija, klizišta, putevi Srbije, Fond solidarnosti EU

LANDSLIDE STABILISATION ON THE SERBIAN ROADS BY THE EUROPEAN UNION SOLIDARITY FUND AND THE BUDGET OF THE REPUBLIC OF SERBIA

Zoran Radić¹, Zorana Radić², Uroš Đurić¹

¹ University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, e-mail: zoradic@grf.bg.ac.rs; udjuric@grf.bg.ac.rs

² Public Investment Management Office, Belgrade, e-mail: zorana.radic@obnova.gov.rs

Abstract: The year 2006 represented the beginning of a decade in which several extreme weather events occurred (2006, 2014 and 2016 yr.), in terms of heavy and prolonged rainfalls, that have caused (re)activation of numerous landslides and other terrain instabilities across Serbia (except northern Serbia - Vojvodina). Landslide processes were expressed in central, south eastern and western parts of the Republic of Serbia. Beside damages in urbanized areas, the biggest problems were recorded on roads in mentioned parts of the country, where neighboured settlements often were cut off from each other due to activation of big landslides, while on the state roads - landslides often occurred in parts of road base or slopes above roads. By the Government Public Investment Management Office, during 2016th, 32 landslides were stabilized across the country, while during the first quarter of 2017th on 6 more landslides stabilisation measures were conducted. In this paper, basic data about stabilized landslides is shown, with short reviews on project design process and stabilization measures, characteristic and most often methods of terrain stabilisation with following dynamics and stabilisation costs for various landslides across the country. Funds for stabilisation measures during 2016th were provided from The European Union Solidarity Fund (EUSF), while funds for stabilisation of 2017th landslide occurrences were provided from the budgetary reserve of the Republic of Serbia.

Keywords: stabilisation, landslides, Serbian roads, EU solidarity fund

1. UVOD

Najvažniji zadatak u Srbiji posle naglih i obilnih majskih padavina, i odmah zatim poplava enormnih razmera u 2014.g., bilo je zbrinjavanje stanovništva za predstojeću zimu izgradnjom novih ili rekonstrukcijom i sanacijom postojećih stambenih objekata. Pored toga, trebalo je vratiti u namenu na stotine putnih pravaca i delova saobraćajnica koje su pretrpele različite nivoe oštećenja direktno od bujica ili indirektno aktiviranjem brojnih klizišta, oštećenjem ili razaranjem manjih i srednjih mostova, zatrpavanjem delova saobraćajnica i drugih šteta koje su poplave nanele sektoru saobraćaja u 24 opštine u centralnim i zapadnim delovima Srbije. Ukupna direktna šteta na putnoj infrastrukturi je procenjena na oko 96 miliona € (procena iz jula 2014) uz dodatne indirektno gubitke od oko 70 miliona €. Iako je prvobitno bilo planirano da se putevi obnove do oktobra te godine, deo radova vezanih za veća oštećenja na putevima, prouzrokovana klizištima, morala su

¹ Zoran Radić: zoradic@grf.bg.ac.rs

da se odlože. Bilo je neophodno, osim obezbeđivanja novčanih sredstava, da se izrade projekti inženjersko-geoloških istraživanja, obave sama istraživanja, izvrši interpretacija rezultata geotehničkih istraživanja i da se izradi odgovarajuća projektna dokumentacija sanacije klizišta i rekonstrukcije delova saobraćajnica koje su oštećene ili potpuno prekinute usled razvoja ovog egzogenog geološkog procesa.

2. IZRADA GEOTEHNIČKE DOKUMENTACIJE

Projekti sanacije klizišta sa rekonstrukcijom puteva su sadržavali i obavezujuću geotehničku dokumentaciju. Izrada projekata je počela neposredno nakon katastrofalnih poplava koje su pogodile značajni deo Srbije maja i septembra 2014.g. Neki projekti su završeni početkom 2016. godine, a korišćena su i tri projekta od ranije poznatih klizišta, koja su naručena između 2008. i 2010.g. Za sanaciju evidentiranih klizišta na saobraćajnoj infrastrukturi koja su označena kao prioritarna, država je nastojala da se novčana pomoć, dobijena od međunarodne zajednice posle poplava u maju 2014. utroši što racionalnije i korisnije i da proces saniranja klizišta i rekonstrukcije puteva bude potpuno transparentan.

Naručioci dokumentacije su bile jedinice lokalne samouprave u Srbiji (za 22 klizišta u 2016. i 5 klizišta u 2017.) i JP Putevi Srbije (za 11 klizišta). Dokumentacija koja je datirala pre 2014.g. je morala da bude verifikovana detaljnim rekognosciranjem terena i novim geodetskim snimanjem morfologije terena da bi se utvrdile eventualne promene u intenzitetu procesa klizanja. Za dva klizišta, gde su pomeranja u međuvremenu intenzivirana, rađena su dodatna geološka istraživanja i nakon njih izvršena je korekcija obima i dopuna predloženih mera sanacije u odnosu na prvobitno rešenje. U periodu od 2008 do ove godine, u tri navrata je menjan Zakon o planiranju i izgradnji (2009., 2011. i 2014.) i dva puta Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima (2011. i krajem 2015.g.). To je za izvođače geotehničke dokumentacije i za projektante sanacionih mera, predstavljalo dodatni problem koji se pre svega odrazio na produženje vremena završetka elaborata, naročito u prelaznim periodima - u onim mesecima u 2014. i 2015.godini kada su novi zakoni stupali na snagu. Manja kašnjenja završetka i kompletiranja dokumentacije su prouzrokovana novim načinom izrade delova opšte dokumentacije sa obavezanim elektronskim potpisima koji su neophodni radi dobijanja građevinskih dozvola za početak izvođenja radova.

U izradi neophodnih geotehničkih podloga za potrebe projektovanja mera sanacije, učestvovalo je desetine stručnjaka iz oblasti inženjerske geologije i geotehnike iz cele zemlje. Uglavnom je geotehnička dokumentacija bila odvojena kao posebni deo uz projekte sanacije. Za 9 pretežno manjih klizišta su projekti sanacije, različitog nivoa projektovanja, urađeni bez ikakvog elaborata o inženjersko-geološkim karakteristikama terena. Za takve slučajeve je traženo da se izvrše terenska geološka istraživanja u cilju provere validnosti predloženih mera stabilizacije terena. Projektna dokumentacija sanacije klizišta stizala je u Kancelariju za upravljanje javnim ulaganjima u periodu novembar 2015. - juli 2016.g. i od novembra 2016. do marta 2017. Rađena je u geološko-geotehničkim firmama širom Srbije: najviše u Beogradu (Institut za puteve, Institut CIP, Institut IMS, Institut Jaroslav Černi, BHL projekt) ali i u Nišu, Valjevu, Kruševcu, Ljuboviji.

Za skoro sve delove dokumentacije koje se odnose na građevinske projekte sanacije (i na projekte rekonstrukcije saobraćajnica) Kancelariji je dostavljena Tehnička kontrola, dok su za geotehničke elaborate urađene po starom zakonu dostavljene tehničke kontrole za većinu izveštaja (naročito čiji su autori projektantske kuće iz Beograda i Niša). Nekoliko geotehničkih elaborata za potrebe izrade projekata sanacija klizišta potpisivali su, kao autori, geolozi drugih usmerenja. Za takve podloge je zahtevano da se kao odgovorni izvođači geotehničkih istraživanja potpišu inženjeri geotehnike sa odgovarajućim licencama. Opšti utisak o obimu i vrstama izvedenih terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja za potrebe izrade projektne dokumentacije je da je vrlo neujednačen. Za približno četvrtinu projekata nepotpun ili minimalan, ponekad i sa vrlo lošom interpretacijom izvedenih istraživanja.

3. IZVOĐENJE PROJEKATA SANACIJE I KONTROLA RADOVA

Proces izbora izvođača radova za realizaciju sanacija prema prethodno urađenim projektima, zahtevao je poštovanje zakonske procedure, odnosno raspisivanje tendera. Postupke javnih nabavki sprovodile su opštine - lokalne samouprave, uz neposrednu saradnju sa Kancelarijom za upravljanje javnim ulaganjima. Kancelarija je kontrolisala ispravnost postupka i davala saglasnost za najboljeg ponuđača. Nastojalo se da se na svaki konkurs javi što veći broj potencijalnih izvođača, što je uglavnom uspevalo. Na taj način su ugovorene cene sa građevinskim firmama bile generalno niže za oko 5% do 40% od projektantskih, Tabele 1. i 2.

Tabela 1. Osnovni podaci, sa cenom radova, o klizištima koja su sanirana 2016.g.

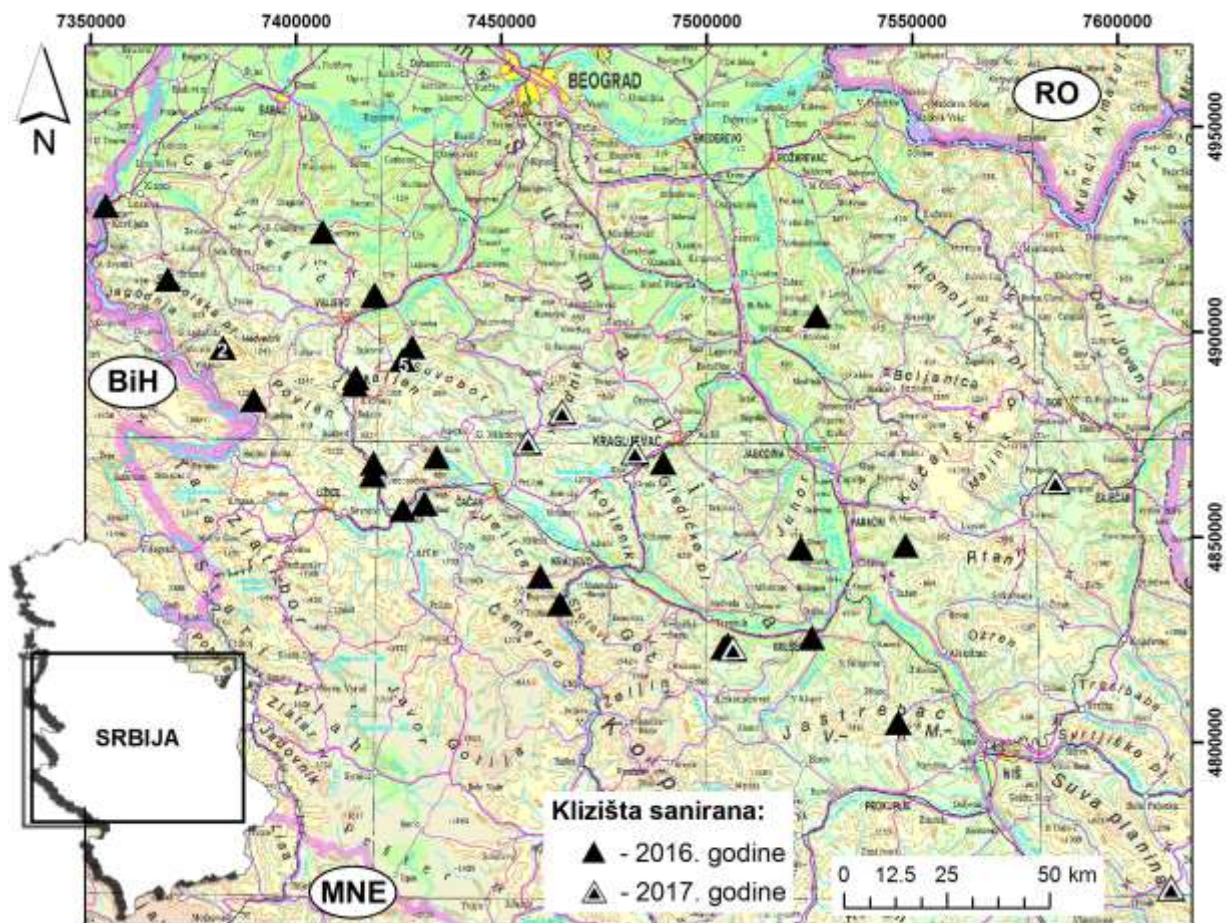
R broj	Opština/ Oznaka drž. puta	Lokacija / Stacionaža	Površina klizišta	Proj.cena radova (miliona RSD)	Proj.cena radova (hiljada Eura)	Ugovore- na cena (hiljada Eura)	Dinamika izvođenja radova
1	Bajina Bašta	Gvozdac	0.18 ha	18,17	147.72	146.33	Radovi završeni 20.9.2016.
2	Varvarin	Suvaja	200 m ²	1,58	12.85	11.87	Radovi završeni 27.8.2016.
3	Koceljeva	Podgorska ulica	500 m ²	2,32	18.86	17.94	Radovi završeni 29.8.2016.
4	Kragujevac	Naselje Vinjište	1.0 ha	27,02	219.67	214.60	Radovi završeni 29.8.2016.
5	Krupanj	Kržava, zaseok Troska	3.1 ha	51,11	415.53	318.50	Radovi završeni u juni 2016.
6	Kruševac	Novo groblje	0.9 ha	6,53	53.09	51.24	Radovi završeni 29.8.2016.
7- 8	Ljubovija	Naselje Savković 2 klizišta na istom putu	0.15 ha	5,16	41.95	37.31	Radovi završeni 29.8.2016.
9	Loznica	Banja Koviljača, Gučevska ulica	500 m ²	6,81	55.37	-	Obustavljen postupak JN
10	Lučani	Naselje Rzav	0.16 ha	3,73	30.33	23.82	Završeni radovi u maju 2016.
11	Lučani	Gavrilović	0.12 ha				
12	Mionica	Manastir Ribnica	0.20 ha	8,18	66.5	55.72	Radovi završeni 11.8.2016.
13 17	Mionica	Milovanovića brdo 5 klizišta na istom putu	0.1-0.3ha ukupno 1.1ha	13,13	106.75	99.73	Radovi završeni 20.9.2016.
18	Požega	Prijanovići	0.8 ha	11,56	93.98	53.32	Radovi završeni 20.9.2016.
19	Požega	Filipovići	0.25 ha	5,96	48.46	25.89	Radovi završeni 20.9.2016.
20	Ražanj	Smilovac	600 m ²	5,75	46.75	46.44	Radovi završeni 29.8.2016.
21	Trstenik	Jasikovica - Drenovac	0.15 ha	6,83	55.53	53.20	Radovi završeni 20.9.2016.
22	Trstenik	Mala Jasikovica	0.12 ha	9,61	78.13	75.50	Radovi završeni 20.9.2016.
23	Kosjerić IB-21	Kalenić (Zlatna dolina) km: 186+725	1.0 ha	21,46	174.47	143.05	Radovi završeni oktobra 2016.
24	Valjevo IIB-342	Iverak - Karaula km: 3+480-3+565	0.9 ha	14,17 14,14	115.2 114.96	180.56	Radovi završeni 25.9.2016.
25	Valjevo IIB-342	Iverak - Karaula km: 3+610-3+710	1.1 ha	13,78 9,79	112.03 79.59	162.95	Radovi završeni 25.9.2016.
26	Valjevo IB-21	Valjevo - Kosjerić 153+412-153+456	0.35 ha	5,73 1,12	46.59 9.11	41.82	Radovi završeni
27	Valjevo IB-21	Valjevo - Kosjerić 154+168	0.18 ha	2,55	20.73	19.18	Radovi završeni
28	Valjevo IB-21	Valjevo - Kosjerić 159+734-159+770	0.20 ha	4,67	37.97	26.57	Radovi završeni
29	Kraljevo IIA 181	Drakčići - Pekčanica 14+400	0.28 ha	12,20	99.19	109.92	Radovi završeni 10.08.2016.
30	Kraljevo IB 22	Kraljevo -Ušće, mesto Pivnica 390+050	5.0 ha	34,00	276.42	275.45	Radovi završeni oktobra 2016.
31	Čačak IIB 355	Čačak - Šiljkovica, Caganja 13+200	2.4 ha	14,00	113.82	100.30	Radovi završeni septembra 2016.
32	Svilajnac IIA 162	Dubnica - Bobovo 105+706	1.8 ha	12,00	97.56	97.50	Radovi završeni 10.08.2016.
33	Kruševac IIA 216	Kaonik-Ribare-Vukanja 27+133 do 27+219	4.5 ha	69,85 10,69	567.89 86.91	569.93	Radovi završeni oktobra 2016.

Tabela 2. Osnovni podaci, sa cenom radova, o klizištima koja se saniraju 2017.g.

R broj	Opština/ Oznaka drž.puta	Lokacija	Površina klizišta (ha)	Proj.cena radova (miliona RSD)	Proj.cena radova (hiljada Eura)	Ugovorena cena (hiljada Eura)	Dinamika radova - stanje na dan 10.06.2017.
1	Trstenik	Opštinski put O-2 Levići	0.24	5,918	48,12	40,63	Radovi završeni april 2017.
2	Knić	Put Toponica - Sumorovac	0.18	5,117	41,60	22,88	Radovi završeni april 2017.
3	Gornji Milanovac	Lunjevica	0.16	3,133	25,47	22,13	Radovi završeni april 2017.
4	Gornji Milanovac	Put Gornja Crnuća - Svrčkovci	0.75	14,674	119,30	56,81	Radovi završeni juna 2017.
5	Babušnica	Put Luberađa-Berduj	1.25	13,630	110,81	91,11	Radovi završeni maja 2017.
6	Boljevac	Put Osnić-Bukovo	0.60	7,884	64,10	-	U toku je raspisivanje JN

Izvor: Kancelarija za upravljanje javnim ulaganjima Vlade Republike Srbije

Za sve projekte i samo izvođenje sanacionih mera (koje su uglavnom vezane za stabilizaciju kosina u zonama saobraćajnica) kao i rekonstrukciju delova puta, obezbeđena su novčana sredstva iz fondova.



Slika 1. Dispozicija saniranih klizišta u Srbiji tokom 2016 i početkom 2017.g

Realizacija projekata je sprovedena preko navedene Kancelarije sa delom novčanih sredstava iz Fonda solidarnosti Evropske unije (ukupna sredstva u Fondu 60.2 miliona €), a tokom 2017.g. sredstvima iz namenskog fonda Republike Srbije.

Klizišta koja su obuhvaćena programom sanacije raspoređena su u 23 opštine u Srbiji, pretežno u njenim zapadnim i centralnim delovima, Slika 1. Trouglaste oznake na karti, koje u sebi sadrže brojeve, znače više

od jednog klizišta na istom putnom pravcu. Od zainteresovanosti i spremnosti lokalnih samouprava (za izradu projektne dokumentacije) je dosta zavisilo koliko će klizišta i puteva biti sanirano na teritoriji njihove opštine.

Građevinski radovi, na svim klizištima koja su sanirana u 2016.g., morala su da budu završena do kraja septembra 2016.g. U tekućoj godini za 5 klizišta radovi su morali da se izvedu u dosta kratkim rokovima i da budu završeni do početka juna, dok za sanaciju klizišta u Boljevcu treba da se raspiše javna nabavka. Na Slikama 2 i 3. su prikazani primeri sanacije 4 klizišta u 2017. sa izgledom u više faza tokom izvođenja radova. Za sada nije poznato da li će se dinamika saniranja netabilnih terena na putevima Srbije nastaviti istim tempom kao što je bila u prošloj godini.



Slika 2. Radovi na sanacijama klizišta u 2017. a) Klizište Gonja Crnuća - drenažni radovi; b) Klizište na putu Toponica-Sumorovac - potporni zid; c) Klizište Levići – gabionska konstrukcija

Kao kontrola izvođenju radova na sanaciji klizišta imenovan je nadzor od strane lokalne samouprave ili od strane JP Putevi Srbije, dok su građevinski inženjeri Kancelarije povremeno obilazili gradilišta u cilju praćenja dinamike radova i usaglašavanja manjih poteškoća koja se sporadično javljaju između izvođača radova, nadzora i projektanata.

Većina klizišta na putevima se formirala u trupu nasipa saobraćajnica niz padinu, ali je bilo i takvih klizišta koja su potpuno prekidala saobraćajnice na dužinama od nekoliko desetina metara. Veoma su različite veličine i dimenzije klizišta koja su bila predmet istraživanja i sanacije.



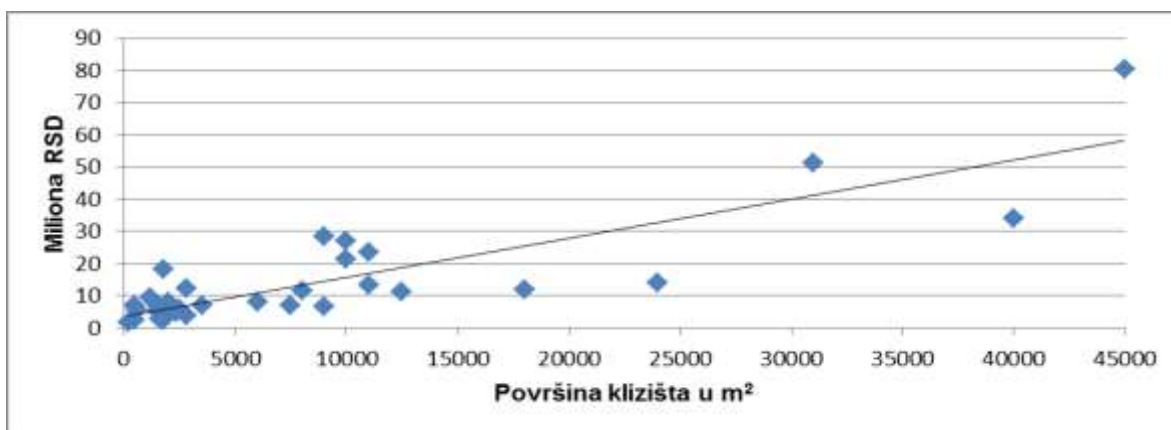
Slika 3. Radovi na sanacijama klizišta u 2017. Klizište na nekategorisanom putu Ljuberađa - Berduj (opština Babušnica) - potporni zid i gabionska konstrukcija

Preovlađuju površine kliznog tela između 0.2 ha i 1.5 ha (prosečno oko 0.5 ha) izuzev klizišta u Ribarima, u Krupnju (zaseok Troska) i na putu Kraljevo - Raška u mestu Pivnice, koji su površina preko 3 ha.

4. SANACIJA KLIZIŠTA - FINANSIJSKI ASPEKT

Pokazalo se opravdanim što se nastojalo da se što više izvođača radova obavesti i da učestvuje na tenderima koji su sprovedeni za svaku sanaciju. Projektantska cena sanacionih radova, Tabele 1. i 2, je zavisila od dimenzija klizišta (površine i kubature kliznog tela, dubine klizne ravni), geološke građe terena, njegovih morfoloških i hidrogeoloških karakteristika, kao i od vrste predloženih projektnih mera i obima građevinskih radova. Na Slici 4 prikazan je dijagram zavisnosti cene sanacionih radova na pojedinom klizištu u odnosu na jednu njegovu dimenziju - površinu kliznog tela.

Uočava se izvesna zavisnost i može se dati gruba procena da sanacija klizišta veličine 3000 do 4000 m² košta u proseku oko 7-8 miliona dinara, dok je za sanaciju klizišta površine veće od 1 ha potrebno skoro uvek više od 10-12 miliona dinara. Svakako da je sanacija velikih i dubokih klizišta najteži zadatak i predstavlja pravi izazov za projektante, a težak problem za investitora.



Slika 4. Zavisnost cene sanacionih radova po pojedinom klizištu u odnosu na površinu kliznog tela

Dobro sprovedene javne nabavke pri izboru izvođača radova su prouzrokovale korektno nadmetanje za skoro svaki posao na sanacijama, a ugovorene cene su u odnosu na projektantske cene bile niže u rasponu od 5% pa do 40%, Tabele 1. i 2. U ovoj godini je prosečna razlika u cenama projektantskim prema ugovorenim, Tabela 3, bila skoro 30 % na 5 realizovanih sanacija.

Tabela 3. Ukupni troškovi sanacije klizišta preko Vladine Kancelarije u 2016. i 2017. godini

	Podaci o troškovima sanacije klizišta	Jedinična vrednost	Godina	
			2016	2017
1	Ukupna projektantska cena radova na svim klizištima	(x1000 €)	3 388,54	409,40
2	Ukupna ugovorena cena radova na svim klizištima	(x1000 €)	2.958,67	297,66
3	Razlika u ceni (1 – 2)	(x1000 €)	429,87	111,74
4	Razlika u ceni	(%)	12.7	27.2
5	Prosečno po klizištu	(x1000 €)	92,46	49,61

Zanimljiv je podatak da je u 2016. za sanaciju jednog klizišta bilo potrebno prosečno oko 11-12 miliona dinara, dok su za manja i plića klizišta, kakva su uglavnom sanirana u 2017.g. (površine do 3000m²) potrebna u proseku manja sredstva, oko 6 miliona dinara, Tabele 2. i 3.

5. ZAKLJUČAK

Tokom 2016. i u prvoj polovini 2017.g. u Srbiji je, zahvaljujući sredstvima iz Fonda solidarnosti Evropske Unije i iz budžeta Republike Srbije, sanirano 37 klizišta različite veličine i dubine koja su se aktivirala na putevima nakon obilnih padavina maja i septembra 2014. i s proleća 2016.g. Drugim projektom podrške Evropske unije UNOPS-ROADS (sanacija klizišta, rekonstrukcija puteva, izgradnja mostova), takođe su planirani radovi u 24 opštine u Srbiji na sanaciji 44 klizišta, rekonstrukciji 9 mostova i izgradnji 5 putnih objekata. Do sada su završeni radovi na sanaciji 34 klizišta i rehabilitovana su 3 mosta, a vrednost izvedenih radova je oko 7 miliona €.

Svakako da zadatak rehabilitacije puteva koji su ugroženi klizištima nije završen. U Srbiji je tokom 2014.g. samo na putevima I i II reda evidentirano 205 klizišta (Jotić i dr. 2016.), što znači da je potrebno izvesti još preko 150 intervencija na klizištima i putevima da bi se saniralo sve što ugrožava funkcionalno odvijanje saobraćaja na važnijim putnim pravcima. Ako je sanacija navedenih klizišta tokom poslednje dve godine koštala oko 10 miliona €, bez troškova geotehničkih istraživanja i troškova izrade projektne dokumentacije (pri čemu 3/4 stabilizovanih klizišta spada u grupu manjih i srednjih prema količini pokrenute stenske mase), onda se može dati orijentaciona procena da je za sanaciju preostalih ugroženih deonica, koje su nastale posle obilnih padavina tokom 2014.g., neophodno najmanje između 25 i 30 miliona €.

Trend saniranja klizišta na putevima Srbije mora da se nastavi i preko projekta UNOPS-ROADS (za sada je period trajanja tog projekta do januara 2018.g.), ali i preko Vladine Kancelarije za upravljanje javnim ulaganjima sa sredstvima iz međunarodnih fondova i iz budžeta Republike Srbije, jer se zbog očigledno promenjenih klimatskih prilika, broj pojava nestabilnosti i aktiviranja novih klizišta u budućnosti može samo povećati.

Veoma je značajno i višestruko korisno, za najugroženije opštine i celu zemlju (a trebalo bi da bude i obavezujuće), da se podaci o saniranim klizištima unesu u postojeću bazu evidentiranih klizišta koja je urađena za prostore 27 opština u Srbiji (projekat BEWARE) i u kojoj se nalaze informacije o preko 2000 nestabilnih padina. Klizišta, tecišta, odroni i drugi gravitacioni procesi ne ugožavaju samo puteve već i sve druge građevinske objekte kao i voćnjake, poljoprivredne površine, šume.

ZAHVALE

Posebna zahvalnost je upućena inženjerima i upravi Kancelarije za upravljanje javnim ulaganjima Vlade Republike Srbije, kao i projektantima sanacionih mera, bez čijeg razumevanja i saradnje ne bi bilo moguće

završiti ovaj rad, pošto je izrada projektne dokumentacije i izvođenje radova na sanaciji tolikog broja klizišta i rekonstrukciji saobraćajnica bila kompleksnija, sveobuhvatnija i dinamičnija u odnosu na dosadašnju praksu na ovim prostorima.

LITERATURA

- [1] Tehnička dokumentacija - različite projektantske kuće i autori (2008-2017.) Projekti sanacije sa geotehničkim elaboratima za 39 klizišta u Srbiji - u arhivi Kancelarije za upravljanje javnim ulaganjima Republike Srbije, Beograd.
- [2] Jotić, M., Vujanić, V., (2016). Klizišta i štete na državnim putevima Srbije, nastale kao posledica majskih bujičnih poplava 2014.g., Zbornik radova XV simpozijuma iz Inženjerske geologije i geotehnike, Beograd, 22.-23.sept.2016., str 57-70.
- [3] Radić, Z. Radić, Z., (2016). Realizacija projekata sanacije klizišta u Srbiji u 2016.g., Zbornik radova XV simpozijuma iz Inženjerske geologije i geotehnike, Beograd, 22.-23.sept.2016., str 85-96.
- [4] Stevanović, Z., Radić, Z., Ristić-Vakanjac, V., (2016). O potrebi sistematskih primenjenih hidrogeoloških i inženjersko-geoloških istraživanja u kontekstu održivog razvoja Srbije. Zapisnici Srpskog geološkog društva za 2016.g., Beograd, str 79-110.
- [5] BEWARE (GIS) web portal, <http://geoliss.mre.gov.rs/beware/webgis/> (19.06.2017)

PROCENA RIZIKA OD KLIZIŠTA NA PUTNOJ MREŽI OPŠTINE KRUPANJ

Miloš Marjanović ¹, Biljana Abolmasov ¹, Svetozar Milenković ²

¹ Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd, milos.marjanovic@rgf.bg.ac.rs, biljana.abolmasov@rgf.bg.ac.rs

² Institut za puteve a.d., Bulevar Peka Dapčevića 45, 11000 Beograd, svetozar.milenkovic@highway.rs

Rezime: Poslednjih godina smo svedoci ekstremnih meteoroloških pojava u Srbiji. Činjenica je da temperaturni i padavinski režimi beleže ekstremne vrednosti na celoj teritoriji države, ali i lokalno. U tom kontekstu, klizišta se nameću kao pojava koja je usko povezana sa ekstremnim vremenskim uslovima, a spada u red najdestruktivnijih po društvo i životnu sredinu. Među najugroženijim je saobraćajna mreža koja je u ovakvim uslovima izložena riziku od klizišta, što za sobom povlači različite socijalne, ekonomske i druge posledice, izazvane otežanim odvijanjem ili prekidom saobraćaja. U radu je dat primer analize rizika od klizišta saobraćajne infrastrukture opštine Krupanj, a analizirani su i potencijalni neželjeni scenariji i određeni kritični sektori putne mreže. Najpre je na osnovu rezultata BEWARE projekta preuzet model hazarda od klizišta na teritoriji opštine Krupanj, izveden na osnovu geoloških, morfoloških i drugih prostornih činilaca koji utiču na proces kliženja. Na nivou cele putne mreže procenjena je izloženost i povredljivost, kako bi se dobio ukupan rizik od kliženja. Izvršene su simulacije lokalnog prekida saobraćaja na mestima visokog rizika za deonice putne mreže, kako bi se utvrdila njihova kritičnost. Rezultati su pokazali koji su delovi putne mreže Krupnja pod visokim rizikom od klizišta i koje su lokacije kritične i zahtevaju hitne preventivne ili sanacione mere.

Ključne reči: klimatske promene, rizik od klizišta, saobraćajna infrastruktura, Krupanj.

ROAD NETWORK LANDSLIDE RISK ASSESSMENT IN THE KRUPANJ MUNICIPALITY

Miloš Marjanović ¹, Biljana Abolmasov ¹, Svetozar Milenković ²

¹ University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11000 Belgrade, milos.marjanovic@rgf.bg.ac.rs, biljana.abolmasov@rgf.bg.ac.rs

² Highway institute a.d., Bul. Peka Dapčevića 45, 11000 Belgrade, svetozar.milenkovic@highway.rs

Abstract: We have witnessed some extreme meteorological events in Serbia in the past several years. Evidence suggests that temperature and precipitation regimes are reaching record-high values on national level, but also, locally. In this context, landslides, which can be considered as one of the most destructive phenomena for the society and natural environment, should be under the spotlight, given their tight connection with extreme weather conditions. Road network is listed among the most fragile assets in such extreme conditions, when it can be exposed to landslide risk and suffer traffic disruption or interruption, which entails various social, economic and other consequences. This paper examples analysis of the road network landslide risk in the Krupanj municipality. In addition, potential adverse scenarios were analyzed and critical road network links identified. To this end, the landslide hazard model of the Krupanj municipality was taken as a ready-made deliverable of the BEWARE project. The hazard model was developed by analyzing geological, morphological and other spatial features that have an influence on the landsliding process. The entire road network was assessed for the exposure to landslide hazard and vulnerability, to obtain the total landslide risk. Local road network interruptions were simulated on high-risk road links to example the criticality of a given road link. Results showed which parts of the Krupanj municipality road network have a high landslide risk, and which locations are critical and require urgent prevention or remediation measures.

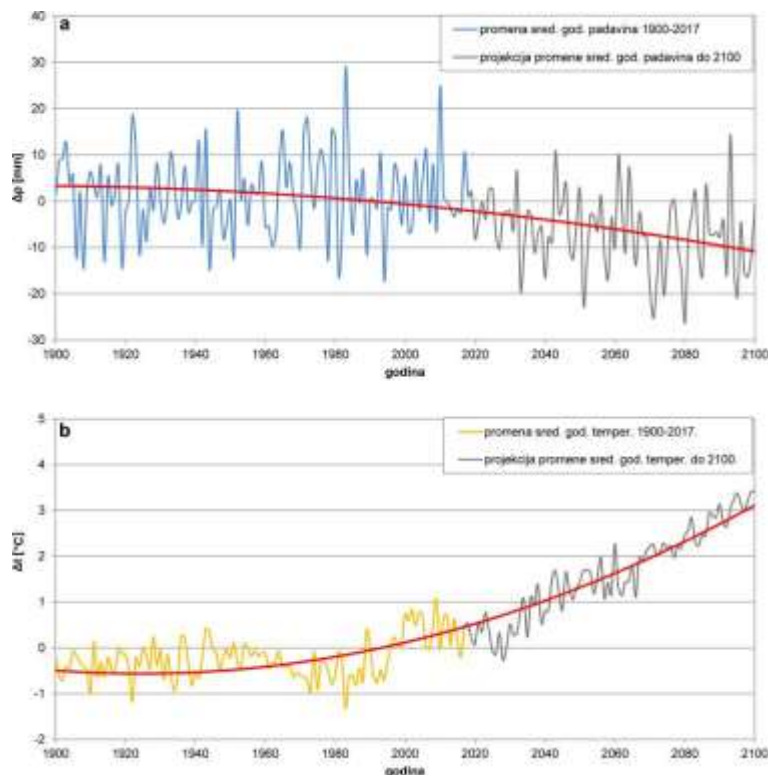
Keywords: climate change, landslide risk, road infrastructure, Krupanj.

1. UVOD

Vremenske pojave u Srbiji čine se sve ekstremnijim, u smislu da im je učestalost pojavljivanja veća, kao i intenzitet ispoljavanja. Padavinski režim konkretno, beleži značajne oscilacije, kako vremenske tako i prostorne. Bajat i dr. (2013) uočili su izrazito prostorno grupisanje padavina visokog intenziteta na godišnjem nivou po čitavoj teritoriji Srbije, na šta ukazuje visoka vrednost Moranovog indeksa autokorelacije (0,24). Uočeno je takođe (Prohaska i dr. 2014) da su ekstremne padavine u maju 2014. imale nezapamćene proporcije na teritoriji Srbije, i to dramatičnije na mesečnom nivou (lokalno su mesečne sume odgovarale povratnim periodima od 600 do preko 2000 godina) nego na nivou samog ekstremnog događaja (3-dnevne sume za 14-16. maj odgovarale su povratnim periodima 400-700 godina). U tom kontekstu nameće se

¹ Miloš Marjanović: milos.marjanovic@rgf.bg.ac.rs

pitanje da li je to sve posledica klimatskih promena ili je reč o izdvojenim slučajevima ili se pak sve ove pojave uklapaju u uobičajene klimatske trendove. Po ovom pitanju ne postoji opšti konsenzus, kako u domaćim tako ni u internacionalnim okvirima, pa se preporučuje odvojeno posmatranje globalnih i lokalnih promena (Klein Tank i Können, 2003).



Slika 1. Projekcija uticaja klimatskih promena za Južnu Evropu na: temperaturu a), padavine b) (prema IPCC, 2014)

Klimatske promene utiču zbirno na sve vremenske uslove, a ne pojedinačno na neke od njih. Tako npr. porast temperature utiče na vlažnost, isparavanje, padavine i obratno, pa se može reći da se u okviru klimatskih promena mogu očekivati promene kompletnog ciklusa kruženja vode, u kojem su padavine samo jedan od elemenata (Crozier, 2010). Međutim, poznato je da su upravo padavine jedan od najčešćih pokretača plitkih i podređeno, dubokih klizišta (posredno preko uticaja na režim podzemnih voda), pa se po toj analogiji uz klimatske promene vezuju i značajne promene vezane za pojavu klizišta: prostornu i vremensku učestalost, iznose pomeranja, veličinu, dubinu i druge parametre (Crozier, 2010; Gariano i Guzzetti, 2016). Promene ne moraju jednoznačno da se odnose na povećanje ovih parametara, jer postoje područja gde se očekuje porast, ali područja gde se očekuje smanjenje količine padavina. Prema procenama Međunarodnog Panela za Klimatske Promene (IPCC, 2007), za tzv. srednji A1B scenario u budućnosti (eksponencijalni rast stanovništva, ali balansirano iskorišćavanje raznih vidova energije) na području Južne Evrope se do 2100. očekuje porast srednjih godišnjih temperatura od 3,5-4,5°C. Nešto manje je prema novijem scenariju (IPCC, 2014) srednjeg povećanja emisije CO₂ (do 3°C), ali je u svakom slučaju reč o značajnom povećanju, koje za sobom povlači uticaj na čitav ciklus kruženja vode, a time i na klizišta (Slika 1b). Najpre, sa ovakvim procenama očekuje se manja količina padavina, tj. manje ukupne srednje godišnje padavine za oko 5-10% ili ukupno i do 10mm manje (Slika 1a), ali se zato očekuje više ekstremnih padavinskih pojava većeg intenziteta i frekvencije, tj. veće maksimalne dnevne padavine na godišnjem nivou. Prema nekim procenama (Gariano i Guzzetti, 2016), ovakav trend može da povlači za sobom i smanjenje i povećanje aktivnosti klizišta, jer postoji čitav niz vrlo osetljivih odnosa između vremenskih prilika i uslova u tlu koji su odgovorni za pokretanje klizišta. Naime, porast temperature i smanjenje padavina, povećava ukupnu evaporaciju, pa je tlo, uslovno rečeno suvlje, nivoi podzemnih voda niži i stabilnost veća. Takođe, očekuje se manji broj i rasprostranjenje poplava, pa samim tim i onih klizišta koja su vezana za poplave, konkretno povlačenje vode, podsecanje padina u priobalnim delovima. Sa druge strane, povećanje temperature implicira veće temperaturne dnevne i sezonske oscilacije, pa samim tim pospešuje efekte površinskog raspadanja stenskih masa, što umanjuje smičuću čvrstoću i globalnu stabilnost padina. Takođe, premda je predviđeno smanjenje pojava poplava u ovom delu Evrope zbog većih temperatura, ekstremne i

nagle meteorološke pojave će biti u porastu (IPCC, 2014), što znači da treba očekivati povećanje intenziteta i učestalosti bujičnih poplava, koje svojim mehanizmom narušavaju stabilnost u nožičnim delovima padina. Kao posledica porasta temperature tu je i naglije otapanje snežnog pokrivača, koji takođe negativno utiče na stabilnost. Konačno, treba imati u vidu da su ovo projekcije šireg regiona, i da efekat razmere može implicirati znatno drugačije ponašanje klimatskih parametara na lokalnom nivou.

Klizišta, kako u sadašnjim tako i u projektovanim klimatskim režimima u budućnosti, utiču na urbanu i prirodnu sredinu nanoseći različite socijalne i ekonomske gubitke. U Srbiji se socijalni efekat uglavnom ogleda u eventualnim raseljavanjima stanovništva, dok se na sreću, ljudski gubici nisu javljali poslednjih decenija, izuzev jedne žrtve tecišta u Krupnju 2014. Može se reći da je samim tim ekonomski efekat više u fokusu, ali ima i kompleksniju strukturu, jer se odnosi i na gubitke stambenog sektora, ali i saobraćajne infrastrukture, energetike, privrede, i raznih drugih delatnosti. U ovom radu, fokus će biti upravo na putnoj infrastrukturi, koja trpi velike štete od padinskih procesa, najviše klizišta, tecišta i odrona. Prikazaće se pristup koji omogućava kvantitativno izražavanje rizika od pojave klizišta u postojećem klimatskom režimu i uporediti sa nekim od budućih scenarija, pod pretpostavkom konstantnosti putne mreže. Analiza je izvedena na primeru putne infrastrukture kategorisanih puteva (1b, 2a i 2b reda) na teritoriji opštine Krupanj, koja je ilustrativan primer upravo zbog posledica koje su nastupile nakon masovne pojave klizišta u maju 2014.

2. METODOLOŠKI PRISTUP

Analiza rizika od klizišta zahteva čitav niz prethodnih procena koje se grubo mogu razdvojiti na prostorno-vremenske analize predmetne prirodne pojave (u ovom slučaju klizišta) sa jedne, i dobara (u ovom slučaju putna infrastruktura) nad kojim se taj rizik materijalizuje sa druge strane. Ograničenja koja se često nameću u pogledu ovog pristupa odnose se na smanjenu mogućnost korišćenja vremenskih analiza (uglavnom se sve svodi na prostorne analize), kao i pojednostavljenja vezana za kvantifikaciju karakteristika predmetnog dobra koje je pod rizikom.

2.1. Terminologija

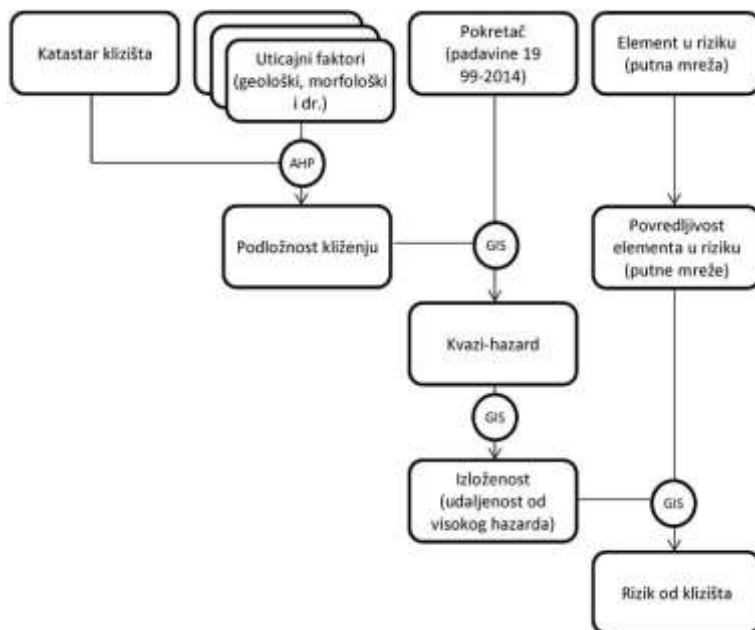
U pogledu terminologije kvantitativnog rizika još uvek ne postoji konsenzus definisan u Srbiji. Jedan od skorijih i sveobuhvatnijih pokušaja dat je u studiji Abolmasov (2016), koji sledi međunarodne konvencije o klasifikaciji i nomenklaturi klizišta (Varnes, 1984; WP/WLI, 1995). Ovde će biti date osnovne definicije nekoliko najznačajnijih pojmova pre nego što se prikaže metodologija.

- *Kliženje* - u najširem smislu geološki proces otkidanja i pomeranja stenskih masa na padinama i kosinama preko stabilne podloge pod dejstvom gravitacije, a u užem smislu - kretanje drobine, čvrstih stena ili tla po definisanoj kliznoj površi ili zoni jasno izraženih smičućih deformacija. U okviru *klizanja* u najširem smislu spadaju i *odronjavanje* (naglo odvajanje i gravitaciono kretanje čvrstih stena ili tla slobodnim padom, kotrljanjem ili odskakanjem niz padine i kosine), *tečenje* (kretanje drobine ili tla, usled zasićenja vodom ili dinamičkog dejstva, bez smicanja sa podlogom već preko nje), *preturanje* (rotaciono kretanje stena ili tla), *bočno širenje* (ekspanzivno kretanje tla).
- *Klizište* - u najširem smislu tvorevina procesa *klizanja*, a obuhvata *klizišta* u užem smislu, *odrone* i *tecišta*, kao produkte odgovarajućih procesa.
- *Magnituda klizišta* - intenzitet, brzina, površina, zapremina, dubina, ili neki drugi parametar klizišta (u širem smislu) kojom se pojedinačno *klizište* može kvantifikovati i upoređivati sa drugim.
- *Uticajni faktori* - faktori koji utiču na pojavu *klizišta* (u širem smislu) stvarajući povoljne uslove za njihov nastanak, npr. geološka svojstva, morfologija terena i sl.
- *Pokretači* - faktori koji neposredno dovode do aktiviranja *klizišta* (u širem smislu), kao npr. padavine, zemljotresi, ljudski faktori i sl.
- *Podložnost* - prostorna verovatnoća pojave na određenom području.
- *Hazard/Opasnost* - prostorno-vremenska verovatnoća dešavanja podložne pojave, određene *magnitude* u određenom vremenskom intervalu, pri čemu ta pojava može dovesti do gubitaka (socijalnih i ekonomskih).
- *Kvazi-hazard* - *Hazard* sa improvizovanom vremenskom verovatnoćom procesa, dobijenom na osnovu vremenske verovatnoće glavnog pokretača procesa (npr. padavine, za koje se vremenska verovatnoća lakše može dobiti nego što je to slučaj sa samim klizištima).
- *Element u riziku* - dobra (stanovništvo, imovina, infrastruktura, servisi, prirodna dobra i sl.) koja mogu da budu izložena gubicima.
- *Izloženost* - mogućnost prostornog preklapanja *elemenata u riziku* i *hazarda*.
- *Povredljivost/ugroženost* - potencijalni stepen gubitaka koje bi pretrpeli *elemenati u riziku* ako bi bili izloženi *hazardu* određene *magnitude*, a zavisi od karakteristika samih *elemenata u riziku*.
- *Rizik* - verovatnoća pojave *hazarda* koji bi mogao da izazove gubitke *elementima u riziku*.

U predmetnom slučaju opštine Krupanj, posmatra se *podložnost* i *hazard* od *kliženja* (u širem smislu), nad putnom infrastrukturom kao *elementom u riziku*.

2.2. Metodologija

Metodologija koja je primenjena može se smatrati standardnom (Fell i dr., 2008), ali uključuje i jednu značajnu improvizaciju. Usled nepotpunosti katastra klizišta ovog područja u pogledu vremenske distribucije klizišta, metodološki pristup je morao biti ograničen na koncept kvazi-hazarda (Marjanović i Đurić, 2016). Usvojeno je da su padavine osnovni pokretač i da prostorno-vremenska verovatnoća pokretanja klizišta direktno zavisi od prostorno-vremenske verovatnoće padavina na datom području. Šematski prikaz celokupne procedure dat je na Slici 2.



Slika 2. Šema metodološke procedure

Polazi se najpre od katastra klizišta opštine Krupanj, koji je dobijen na osnovu analiza odgovarajućih satelitskih snimaka (Đurić i dr., 2017) i terenskim evidentiranjem, realizovanim kroz aktivnosti projekta BEWARE (<http://geoliss.mre.gov.rs/beware/>) tokom 2015. godine. U GIS okruženju su generisani poligoni svakog klizišta koje se pojavilo u periodu 2014-15 na teritoriji Krupnja. Klizišta iz ranijih perioda nisu bila poznata (ona za koja se i zna da su postojala ranije nisu imala dovoljno preciznu odredbu vremena aktiviranja), pa nisu uključena u katastar. Zatim je u GIS okruženju generisan set uticajnih faktora koji su uključivali geološke, morfološke i faktore životne sredine, tako da su dobijeni odgovarajući rasteri (nagiba terena, litoloških jedinica, udaljenosti od vodotokova). Ovde neće biti dodatnih detalja o modelovanju podložnosti na kliženje metodom AHP (Analytical Hierarchy Process), pošto je fokus usmeren na procenu rizika putne mreže. Suština je da su svi relevantni uticajni faktori, poput nagiba terena, litoloških jedinica, udaljenosti od vodotokova i sl., klasifikovani na osnovu generisanog katastra klizišta, tako da one klase (unutar svakog od predmetnih uticajnih faktora) koje zahvataju veliki broj poligona klizišta dobiju najviše bodova i obrnuto, kao što AHP metoda i nalaže. Potpuno analogni primeri mogu se naći u nekim našim ranijim radovima (Marjanović i dr., 2013). Dobijeni AHP model podložnosti preuzet je sa BEWARE stranice (<http://geoliss.mre.gov.rs/beware/>) i normalizovan tako da ima vrednosti od 0 do 1, gde 1 označava najpodložnije ili najnestabilnije zone a 0 najstabilnije.

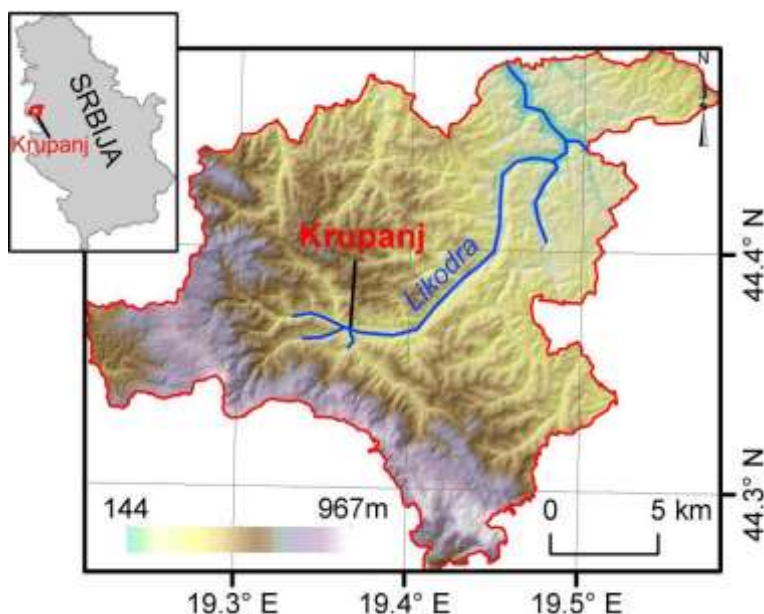
Improvizacija koja je preduzeta radi dobijanja kvazi-hazarda od kliženja zahtevala je najpre prikupljanje podataka o pokretaču, tj. padavinama. Podaci su prikupljeni sa javno dostupnih servisa Republičkog Hidro-Meteorološkog Zavoda (<http://www.hidmet.gov.rs/>). Odabran je period 1999-2014 kao reprezentativniji od trenutno postojećih normala padavina za period 1961-1990 i 1980-2010. Korišćeni su odgovarajući godišnjaci i preuzete su godišnje sume padavina za svaku godinu u periodu 1999-2014 i to za svakui osmatračku stanicu (oko 100 stanica). Zatim su sračunate srednje godišnje padavine za predmetni petnaestogodišnji period po svakoj stanici. Kako su stanice na osnovu geografskih koordinata prostorno definisane, bilo je moguće izvršiti interpolaciju dobijenih srednjih vrednosti po stanicama i generisati raster

šireg područja oko Krupnja. Interpolacija je izvršena Kriging metodom (Webster i Oliver, 2007). Konačno, preklapanjem, tj. množenjem prethodno generisanog rastera podložnosti sa modelom padavina dobijen je rasterski model kvazi-hazarda, takođe u rasponu 0-1.

Dalje je bilo potrebno klasifikovati kvazi-hazard na zone veoma visokog (0,8-1,0), visokog (0,6-0,8), srednjeg (0,4-0,6), niskog (0,2-0,4) i veoma niskog hazarda (0-0,2). Na osnovu ove klasifikacije sračunata je udaljenost od klase veoma visokog hazarda na čitavoj teritoriji Krupnja. Udaljenost je potom inverzirana i normalizovana na 0-1 interval tako da 1 označava zone koje su blizu veoma visokom hazardu, dok 0 označava udaljene zone. Ovaj model predstavlja izloženost veoma visokom hazardu od klizišta.

Element u riziku je putna infrastruktura opštine Krupanj. Ona je data u vektorskom obliku i uključuje puteve I-b, II-a i II-b reda. Definisana je deonicama koje su date kao linijski vektori i ukrštanjima koja su data kao tačkasti vektori. Za svaku deonicu je s toga bilo moguće definisati dodatne karakteristike. Jedna od takvih karakteristika koja je ovde bila potrebna jeste i povredljivost. Ona je sračunata kao unutarnje svojstvo putne mreže koje odslikava koliko je svaka od deonica puta osetljiva. Za kvantifikaciju ovog parametara korišćena je kategorija puta, kao i dnevno saobraćajno opterećenje za 2013 (jer je za ovu godinu zabeleženo najveće opterećenje na ovom delu od početka osmatranja 2005), preuzeto sa stranice JP Putevi Srbije (<http://www.putevi-srbije.rs>). Takođe je uzeta u obzir i dužina deonice. Sve deonice sa većom frekvencijom saobraćaja imaju veću povredljivost od onih sa manjom frekvencijom, ali zato, na osnovu pretpostavke o boljoj konstrukciji i otpornosti kolovoza deonice koje pripadaju višoj kategoriji su manje povredljive od deonica niže kategorije. Konačno, i dužina deonice ima uticaja, jer duže deonice nose veće logističke troškove ukoliko moraju da se nalaze rešenja za njihovo zaobilazanje. Ukupna povredljivost je dakle, sračunata na osnovu balansa ovih pokazatelja, odnosno osrednjavanjem njihovih normalizovanih vrednosti, i takođe normalizovana na relativni interval 0-1.

Rizik je potom dobijen u GIS okruženju najpre preklapanjem svake deonice sa izloženosti hazardu od klizišta. Preklapanje je podrazumevalo da se na osnovu prostorne distribucije izloženosti usvoji srednja izloženost po svakoj deonici putne mreže. Konačno se množenjem relativne izloženosti i povredljivosti dobija ukupan rizik za svaku deonicu.



Slika 3. Položaj istraživanog područja

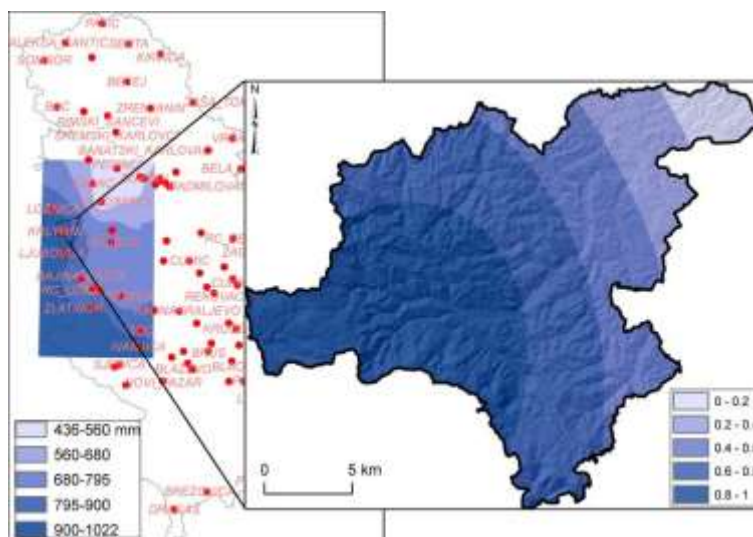
3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Opština Krupanj nalazi se u Zapadnoj Srbiji (Slika 3), i zahvata površinu od oko 330 km². Područje se odlikuje brdovitim reljefom u kojem dominiraju uzvišenja do 1000 m.n.v, ispresecana rečnim dolinama, od kojih je najdominantnija dolina Likodre. U geološkom pogledu najzastupljeniji su kompleksi nisko-kristalastih škriljaca i meta-klastita Devon-Karbonske starosti, dok se severno na njih naslanjaju srednje-Karbonski glineni škriljci i kvarcni peščari, nastali hidro-termalnim izmenama. Ove su vezane za veliki granodioritski masiv na JZ delu koju svom oreolu ima brojne manje proboje dacito-andezita. Za njih se inače vezuju brojna orudnjenja bakra, gvožđa, olovo-cinka i antimona. U tektonskom sklopu dominiraju strukture koje se poklapaju sa regionalnim SZ-JI pružanjem Drinjsko-Ivanjičkog kompleksa na kontaktu sa Jaderskim blokom unutrašnjih Dinarida.

U pogledu stabilnosti, upravo se Paleozojske formacije mogu smatrati najnepovoljnijim jer su sklone stvaranju debele kore raspadanja u kojoj se lako mogu pojaviti plitka klizišta. Glavni pokretač ovakvih plitkih klizišta su većinom padavine i oscilacije podzemnih voda, naročito na kontaktu geoloških jedinica sa različitom hidrogeološkom funkcijom. Tokom 2014-15 pojavio se veliki broj klizišta na teritoriji Krupnja. Katastar sadrži preko 150 terenski evidentiranih klizišta i preko 500 evidentiranih na osnovu analize satelitskih snimaka (Đurić i dr., 2017).

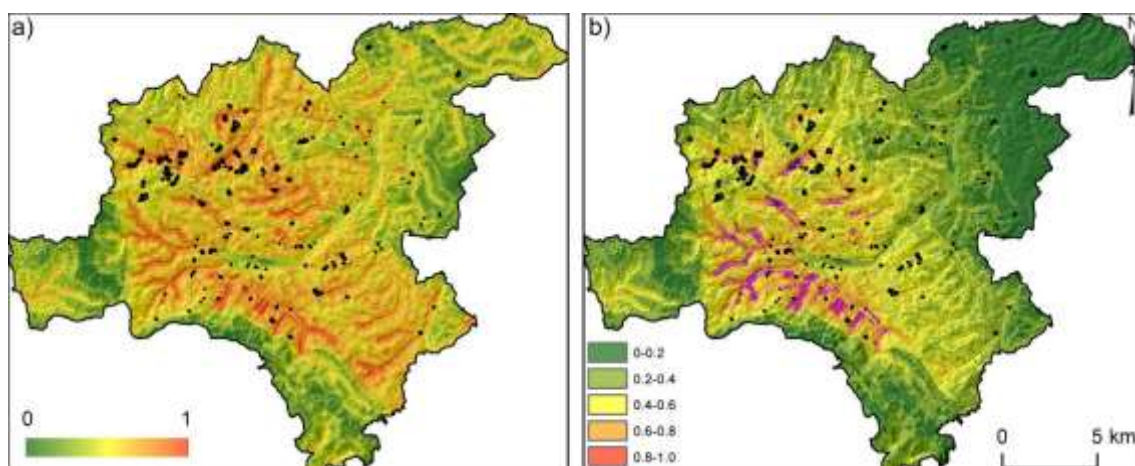
4. REZULTATI

Kao što je ranije naglašeno, ovde će u fokusu biti prikaz rizika na putnoj mreži, pa se iz tog razloga neće puno detalja posvetiti pripremi ulaznih podataka i dobijanju polaznih modela podložnosti kliženju. Što se tiče kvazi-hazarda, to je jedan od bitnih koraka koji unosi vremensku dimenziju u procenu podložnosti pa će ukratko biti prikazan. Kao zamena za prostorno-vremensku distribuciju klizišta uzet je model padavina, tačnije srednjih godišnjih padavina za period od 15 godina (1999-2014). Slika 4. prikazuje deo šireg područja na kojem je interpolacija izvedena, a potom je kadrirano uže istražno područje opštine Krupanj. Interpolacija je izvršena globalnom Kriging metodom na osnovu svih stanica (označenih crvenim tačkama). Poželjno bi bilo da je interpolacija vršena na osnovu gušće mreže meteoroloških stanica, ali je za sada ovo najbolja rezolucija na osnovu javno dostupnih podataka.

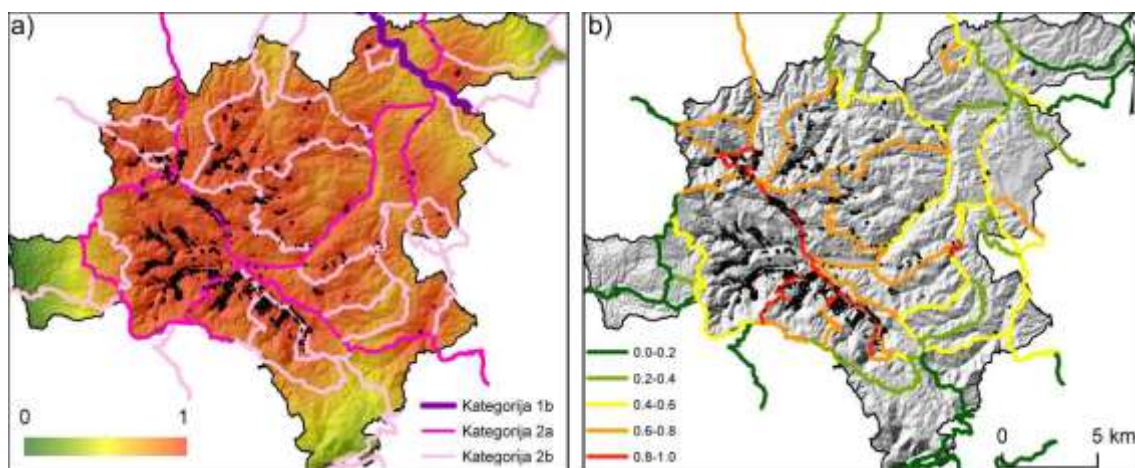


Slika 4. Interpolacija srednjih godišnjih padavina za period 1999-2014 (crvene tačke su meteorološke stanice, a interpolacija se odnosi na šire područje Zapadne Srbije), sa detaljem (desno) vezanim za područje Krupnja (na detalju je prikazana normalizovana raspodela padavina u intervalu 0-1).

Polazeći od modela podložnosti koji ima odgovarajuću distribuciju 0-1 vrednosti (Slika 5a), izvršeno je preklapanje sa modelom padavina (Slika 4), koji je normalizovan takođe na 0-1 interval. Množenjem ova dva rastera dobijen je model kvazi-hazarda gde su naglašene one zone koje u predmetnom petnaestogodišnjem periodu iskazuju najveću podložnost ka kliženju (crveno obojene zone). Uočljivo je da je područje visokog hazarda manje nego područje visoke podložnosti (Slika 5). Dalje je model kvazi-hazarda reklasifikovan na intervale veoma visokog (0,8-1,0), visokog (0,6-0,8), srednjeg (0,4-0,6), niskog (0,2-0,4) i veoma niskog hazarda (0-0,2). Pažnja je usmerena na klasu veoma visokog hazarda, pa je čitava ova klasa izdvojena i iz rasterskog prebačena u vektorski oblik. Ovim poligonima pridodata su i postojeća klizišta iz katastra za opštinu Krupanj. Cilj ovog postupka bio je da se definišu entiteti u odnosu na koje će se posmatrati izloženost kliženju putne mreže. Zato su uzeti i oni entiteti koji su kritični na osnovu modela (poligon veoma visokog hazarda), ali i oni koji su predstavljali realnu pretnju u periodu 2014-15 (klizišta iz katastra). Model izloženosti je potom dobijen tako što je sračunata udaljenost u odnosu na ovaj poligon združenih entiteta realnih klizišta i zone veoma visokog hazarda. Njegova distribucija je data na Slici 6 i ukazuje da su one zone bliže ovim entitetima izloženije (crvene zone). Na istoj slici je prikazana i putna mreža opštine Krupanj, razvrstana na osnovu kategorija puteva, kao i putna mreža na kojoj je za svaku deonicu sračunata srednja izloženost, na osnovu preklapanja piksela iz modela izloženosti i vektora putne mreže.



Slika 5. Model podložnosti klizenju a), Kvazi-hazard b) (poligoni klizišta su dati kao crne konture, a poligoni klase veoma visokog hazarda kao ljubičaste)



Slika 6. Model izloženosti klizenju sa putnom mrežom opštine Krupanj razvrstanom prema kategorijama puta a), Izloženost data po putnoj mreži b).

Putna mreža je data kao vektor koji se sastoji od ukupno 114 segmenata, odnosno putnih deonica. Za svaku deonicu se osim identifikacionog broja, pridodaju i razne druge karakteristike, poput kategorije puta, saobraćajnog opterećenja i dužine deonice, koji su izdvojeni iz odgovarajućih izvora. Takođe, ovde su pridodate i sve kasnije sračunate vrednosti, uključujući normalizovane vrednosti gore navedenih karakteristika, povredljivost po svakoj deonici, izloženost klizenju po svakoj deonici, i konačno rizik od klizenja (Tabela 1),

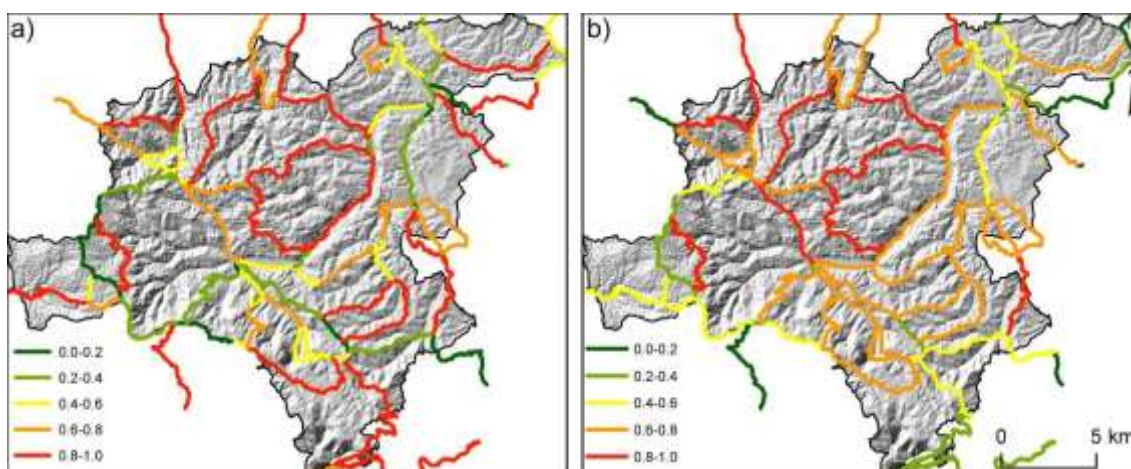
Tabela 1. Prikaz vektorske tabele putne mreže Krupnja (primer jednog dela podataka)

ID	dužina [m]	kateg. puta	optereć. [voz./dan]	norm. duž.	norm. kateg.	norm. optereć.	povredljivost (duž+kat+opt)/3	normaliz. izloženost (pov.*izl.)	rizik (pov.*izl.)
1	617	1b	3000-7000	0,5	0	1	0,50	0,1	0,05
2	1202	2a	3000-7000	1	0,5	1	0,83	0,6	0,50
3	75	2b	1500-3000	0,05	1	0,6	0,55	0,8	0,44

Karakteristike putnih deonica (dužina deonice, kategorija puta i saobraćajna opterećenost) korišćene su za određivanje povredljivosti. Dužina deonice (data u m) je normalizovana na 0-1 interval tako da najduže deonice imaju vrednost 1 a najkraće vrednost 0. Na ovaj način data je veća povredljivost dužim deonicama, jer se polazi od činjenice da će usled prekida neke duge deonice njen zaobilazak biti logistički komplikovaniji i skuplji od zaobilazanja prekinute kratke deonice. Dalje je iskorišćena kategorija puta tako što su svim deonicama koje pripadaju najvišem, 1b redu dodeljena vrednost 0, 2a redu vrednost 0,5, a 2b redu vrednost 1. Ovim postupkom je data veća podložnost onim deonicama sa nižom kategorijom, jer se polazi od pretpostavke da je konstrukcija kolovoza i pratećih objekata lošija i kraćeg upotrebnog veka u odnosu na

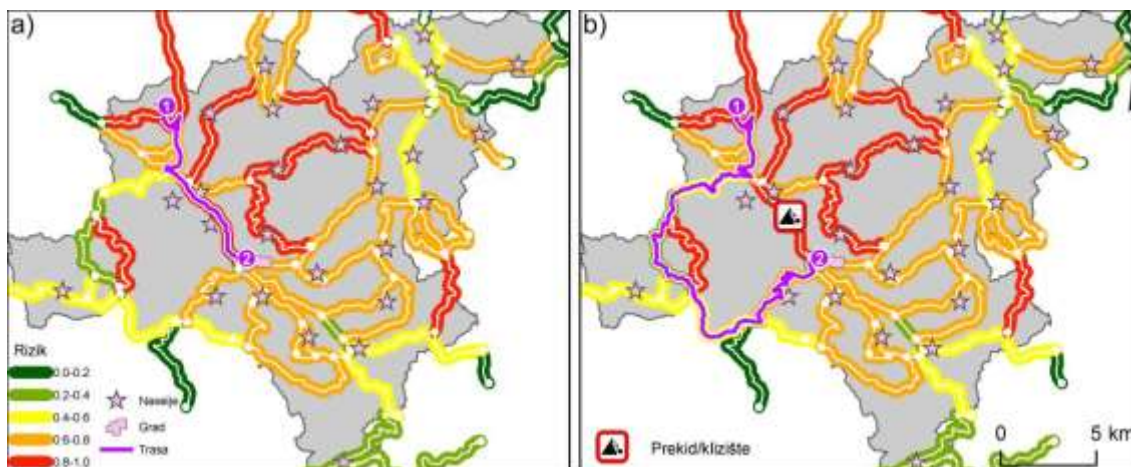
više kategorije puta. Na primer, put visoke kategorije ima bolju drenažu, sa većim kapacitetom pa se uslovno rečeno bolje brani od klizišta kada se pojave, ili takođe, veći odron bi mogao lakše da ošteti kolovoznu konstrukciju ili nasip puta niže kategorije, zahtevao bi dužu reparaciju nego u slučaju puta visoke kategorije, gde bi oštećenja mogla brže da se saniraju. Takođe je izvršena i normalizacija saobraćajnog opterećenja koje je dato u rasponu od izmerenih 3000-7000 vozila/dan, 1500-3000 vozila/dan i <1500 vozila/dan na osnovu podataka JP Putevi Srbije. Međutim, neke deonice nižih kategorija puta (2a i 2b reda) nisu imale merače pa je za njih opterećenje pretpostavljeno na osnovu niže kategorije puta, i to na 500-1500 za 2a i 200-500 vozila/dan za 2b kategoriju. Ove vrednosti opterećenja su potom normalizovane na 0-1 interval, gde se jasno indicira da one deonice sa najvećom frekvencijom saobraćaja imaju i najveću povredljivost i obratno. Ukupna povredljivost, sračunata je kao srednja vrednost ove tri povredljivosti (povredljivost na osnovu dužine+kategorije+opterećenja/3) i prikazana je na Slici 7a.

Konačni rizik je sračunat množenjem relativne izloženosti sa relativnom povredljivosti svake deonice i prikazan je na Slici 7b. Teoretski se lako može izvršiti dalja segmentacija putne mreže na znatno manje deonice (segmenti od 100 ili 200 m) što bi dalo detaljniju distribuciju rizika duž putne mreže, ali je sa stanovišta korisnika, tj. vozača, značajnije analizirati rizik duž čitavog putnog pravca, jer se eventualni prekid tog putnog pravca odnosi na čitavu deonicu, koja se onda mora zaobilaziti.



Slika 7. Model povredljivosti putne mreže a), Model rizika po deonicama putne mreže b).

Ovakav kvantitativan pristup analizi rizika putne mreže otvara mogućnosti za dalje analize i simuliranje prekida saobraćaja na onim deonicama na kojima je ustanovljen visok rizik od klizišta. Tako npr. odlazak iz tačke 1 (Kostajnik) u tačku 2 (Krupanj) u regularnim uslovima, duž deonice određene kategorije ima izvesnu logističku cenu, u smislu dužine, potrebnog vremena, količine goriva pri prosečnoj potrošnji na datom ograničenju brzine (Slika 8a).



Slika 8. Prikaz scenarija regularnog saobraćanja na putnoj mreži od tačke 1 do tačke 2 a), Scenario sa alternativnim zaobilaskom koji je najbezbedniji b).

Ukoliko se simulira prekid deonice koja ima visok rizik (npr. u uslovima intenzivnih padavina) trasa bi morala da se menja, i tražile bi se obilazne alternative. Na primer, tražila bi se alternativa koja bi koristila deonice sa najmanjim rizikom, jer je logično da se u datim uslovima (intenzivne padavine) riskantne deonice izbegavaju (Slika 8b). Ovo ne bi bila najjeftinija alternativa, šta više, ona je za čitavih 21 km duža od originalne trase (duge oko 12 km), pa to treba uzeti u obzir pri analizi socio-ekonomskih uticaja rizika od pojave klizišta. Da bi se upotpunila socio-ekonomska analiza potrebno je znati broj, strukturu i dnevne migracije stanovništva na relaciji Kostajnik-Krupanj, zatim broj i tip vozila, a za teretna vozila vrednost robe koja se prenosi i gubitke koji nastaju usled kašnjenja u dostavi iste, što su sve vrlo kompleksne analize. Na ovom primeru se takođe može demonstrirati kako se definiše kritičnost neke deonice. Na primer, riskantna deonica duž trase 1-2 na kojoj je simuliran prekid saobraćaja ima bezbednu alternativu koja je logistički oko tri puta skuplja, pa bi se mogla svrstati u kritične. Naravno, da bi se utvrdio kriterijum kritičnosti potrebno je analizirati sve riskantne deonice, za svih 27 naselja ka Krupnju na scenariju 1-2 (trasa od posmatranog naselja ka Krupnju). Osim ovog scenarija, može se definisati i čitav niz drugih, npr. od posmatranog naselja do glavnog puta 1b reda, ili do nekog od rudnika i sl.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat predlog metodološkog pristupa za kvantitativnu analizu rizika od klizišta na konkretnom primeru putne mreže opštine Krupanj. Pristup se bazira na prostornim analizama počev od procena podložnosti i hazarda samog procesa do analize rizika na putnoj mreži. Prikazano je nekoliko improvizacija u ovom smislu. Prva se odnosi na koncept kvazi-hazarda koji nadomešćuje nedostatak vremenske distribucije postojećih klizišta. Druga se odnosi na proračun povredljivosti putne mreže, koja je ponderisana na osnovu saobraćajnog opterećenja, dužine deonice i kategorije puta. U ovom delu je uneta izvesna subjektivnost u model, ali je to bilo neminovno kako bi se u narednom koraku dobio ukupan rizik putne mreže.

Dalje je prikazano kako se dobijeni rizik po deonicama može efikasno koristiti za analizu mreže, tj. za analizu socio-ekonomskih posledica rizika od klizišta na putnoj mreži. Simuliran je primer trase koja je najčešća, tj. od manjeg naselja ka lokalnom gradskom centru (Krupnju), kao i njen prekid na onoj deonici na kojoj je prethodno definisan visok rizik od klizišta. Upoređivanjem originalne trase i obilazne alternative dobija se mogućnost ocene koliko je data deonica kritična, odnosno kakve socio-ekonomske gubitke izaziva. Tu je i čitav niz drugih scenarija i mogućnosti za simulaciju zavisno od potreba. Na taj način je potencirana praktična primena predloženog metodološkog pristupa i značaj kvantifikacije rizika.

Ako bi se sumirali rezultati analize rizika na putnoj mreži opštine Krupanj, moglo bi se reći da dominira visok rizik koji pokriva oko 41% mreže, dok veoma visok rizik pokriva 20%, srednji 19%, nizak 12%, i veoma nizak 8%. Veoma nizak, srednji i visok rizik su načelno više uslovljeni izloženosti, dok su nizak i što je najvažnije veoma visok rizik više uslovljeni povredljivošću, što je značajno za procenu dinamike rizika u budućnosti. ukupan srednji rizik je oko 0,6 odnosno na granici srednjeg i visokog, što je značajan parametar za eventualno upoređivanje sa drugim opštinama, pod uslovom da iste budu obrađene istom metodologijom koja je ovde predložena.

U svetlu klimatskih promena i njihovog uticaja na stanja putne mreže u budućnosti, moguće je dati okvirna očekivanja promene rizika i pratećih posledica. Uz pretpostavku da se putna mreža neće menjati (neće se graditi nove i ukidati postojeće deonice) i pretpostavku o opadajućem trendu gustine naseljenosti i ekonomske razvijenosti područja Krupnja, može se očekivati da će posledice rizika opadati. Paradoksalno je to što se generalno može očekivati povišenje hazarda od klizišta zbog povećanog broja ekstremnih padavina, ali bi umanjenje povredljivosti verovatno više uticalo na rizik.

Zahvale

Ovo istraživanje ima potporu projekta Tehnološkog Razvoja br. TR36009 i projekta BEWARE (BEyond landslide aWAREness).

Literatura

- [1] Abolmasov, B. 2016. *Studija upravljanja rizikom od klizišta u Bosni i Hercegovini*. UNDP BiH. 82 p.
- [2] Bajat, B., Pejović, M., Luković, J., Manojlović, P., Ducić, V., Mustafić, S. (2013). Mapping average annual precipitation in Serbia (1961–1990) by using regression kriging. *Theor. Appl. Climatol.* 112 (1-2):1-13.
- [3] Crozier, M.J. (2010). Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review. *Geomorphology*, 124: 260–267.
- [4] Đurić, D., Mladenović, A., Pešić-Georgiadis, M., Marjanović, M., Abolmasov, B. (2017). Using multiresolution and multitemporal satellite data for post-disaster landslide inventory in the Republic of

- Serbia. Landslides (Online First) doi:10.1007/s10346-017-0847-2.
- [5] Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology*, 102: 83-84.
- [6] Gariano, S.L., Guzzetti, F. (2016). Landslides in a changing climate. *Earth Science Reviews*, 162: 227–252.
- [7] IPCC: Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K., Kwon W-T., Laprise, R., Magaña Rueda V., Mearns, L., Menéndez, C. G., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr A., and Whetton, P. 2007. Regional climate projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and Miller, H. L., (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [8] IPCC: Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie and T. Zhou 2013. Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [9] Klein Tank, AMG., Können, GP. (2003). Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate* 16 (22):3665-3680.
- [10] Marjanović, M., Abolmasov, B., Djurić, U., Bogdanović, S. (2013) Impact of geo-environmental factors on landslide susceptibility using an AHP method: A case study of Fruška Gora Mt., Serbia. *Geološki Anali Balkanskoga Poluostrva*, 74: 91-100.
- [11] Marjanović, M., Đurić, U. (2016). From landslide inventory to landslide risk assessment: methodology, current practice and challenges. *Geologica Macedonica (posebno izdanje)*, 4, 199-208.
- [12] Prohaska S, Đukić D, Bartoš Divac V, Božović N (2014) Statistical Significance of the Rainfall Intensity That Caused the May 2014 Flood in Serbia. *Water Research and Management* 4(3): 3-10.
- [13] Varnes, D.J. 1984. *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*. International Association for Engineering Geology, Paris, France, 63 p.
- [14] Webster, R., Oliver, M.A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists*. 2nd edition, John Wiley and Sons, Chichester, England, p 315.
- [15] WP/WLI — International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1995). A suggested method for describing the rate of movement of a landslide. *International Association Engineering Geology Bulletin*, vol. 52, pp. 75-78.

УТИЦАЈ ЕКСТРЕМНИХ ПАДАВИНА И МАЈСКИХ БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА 2014. ГОДИНЕ НА ФОРМИРАЊЕ КЛИЗИШТА НА ДРЖАВНИМ ПУТЕВИМА СРБИЈЕ

Милован Јотић¹,

Институт за испитивање материјала ИМС, е-mail: mjotic@hotmail.rs

Владета Вујанић,

11000 Београд, Цара Николаја II бр.61^с; е-mail: v.vujanic944@gmail.com

Миле Златковић,

ЈП „Путеви Србије“, е-mail: zlatmile@gmail.com

Кристина Божић-Томић

Институт за испитивање материјала ИМС, е-mail: kristina.tomic@institutims.rs

Резиме: Дејством циклона који је погодио Србију и земље најближег региона у периоду април-септембар 2014. године, са екстремним количинама падавина, дошло је до катастрофалних бујичних поплава на подручјима Западне и Источне Србије, као и појава великих и бројних нестабилности терена (преко 2000 већих и мањих клизишта, одрона, тецишта, бујичних наноса, речних ерозија и сл.), која су на инфраструктурним, привредним и стамбеним објектима нанела огромне материјалне штете. Најразорније дејство и материјалне штете, који је циклон нанео, биле су на државној путној мрежи, затим на привредним објектима као и објектима индивидуалних домаћинстава. Аутори у раду приказују процењене размере развоја процеса нестабилности и догођених штета на деловима угроженог простора Србије, посебно у зони путне инфраструктуре, као и предлоге шта треба чинити да се фактори ризика, односно повредљивост терена, убудуће предупреди или сведе на најмању меру.

Кључне речи: циклон, поплаве, клизишта, штете

LANDSLIDES AND DAMAGES ON STATE ROADS OF SERBIA, AS A RESULT OF CONSEQUENCES OF SPATE FLOODS OCCURRED IN MAY 2014

Milovan Jotić¹,

Institut za ispitivanje materijala IMS, e-mail. mjotic@hotmail.rs

Vladeta Vujančić,

11000 Beograd, Cara Nikolaja II br.61^c; e-mail: v.vujanic944@gmail.com

Mile Zlatković,

JP „Putevi Srbije“, email: zlatmile@gmail.com

Kristina Božić-Tomić

Institut za ispitivanje materijala IMS, e-mail: kristina.tomic@institutims.rs

Abstract: The effects of a cyclone which affected Serbia and surrounding countries, between April-September 2014, with extreme amount of heavy rain, caused catastrophic floods in affected areas in West and East Serbia, as well as great and numerous instabilities (over 2000 major and minor landslides, rockfalls, mudflow, flash flood sediments, river banks erosion and similar) which inflicted enormous damage on infrastructure, residential and commercial buildings. The most devastating effects and the material damage caused by the cyclone affected the State road network, commercial properties as well as individual households. In this paper authors present, the assessed scale of instability development and occurred damages at the extent of jeopardized areas of Serbia, especially at the zone of its road infrastructure, as well as proposals WHAT SHOULD BE DONE to reduce risk factors, respectively vulnerability of the terrain, in order to prevent future similar events.

Key words: cyclone, floods, landslides, damage

¹ Дипл. инж. геол., Институт ИМС АД Београд, 11000 Београд, Булевар Војводе Мишића 43, Е-mail: mjotic@hotmail.rs

1. УВОД

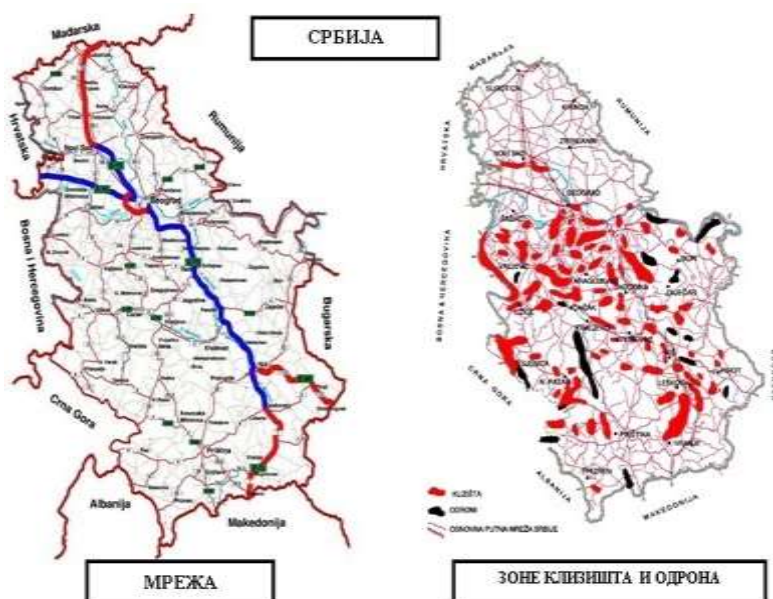
У периоду од априла до септембра 2014. године, територију Србије погодио је циклон који је проузроковао поплаве великих размера. Киша која је изазвала поплаве са катастрофалним последицама пала је у периоду од 12. до 19. маја 2014. године. Посебно су биле великог интензитета кише на подручју Западне Србије (територија Ваљева, Крупња, Ужица, Лознице, Бајине Баште, Љубовије и Малог Зворника). У том периоду, на овом угроженом подручју, активиран је огромни број клизишта, тецишта, одрона и бујичних наноса који су нанели становништву, стамбеним и привредним објектима и путној инфраструктури огромне материјалне штете. Било је и људских жртава. Дакле, ова „природна непогода“ је била „окидач“ за појаву „геолошких стихија“ које су проузроковале огромне штете и проблеме великих размера у животној средини.

На територији Републике Србије има много лабилних и нестабилних терена које карактеришу појаве бројних (неактивираних-старих и активираних) клизишта, тецишта, одрона и сипара, различитих димензија и степена активности. **Процењује се да је око 20-25% од укупне површине Србије обухваћено процесима клижења и другим видовима нестабилности.** Нарочито су појавама нестабилности карактеристична подручја Шумадије, Западне и Југоисточне Србије, Слика 1.

Клизишта се јављају практично у свим геолошким срединама, како у планинским, тако и у брдовитим, па и благо заталасаним теренима, посебно на падинама, односно обалама већих речних токова. Најчешће се јављају по падинама изграђеним од терцијерних (неогених) и квартарних наслага, затим у флишним и флишоликим творевинама, кристаластим шкриљцима и другим стенама у којима је највише заступљена глинена компонента. При великим атмосферским падавинама, наглим опадањима максималних водостаја река, сеизмичким потресима, долази до масовних појава нових и активирања старих клизишта.

Изградња а нарочито одржавање линијских објеката, какве су путне саобраћајнице, представљају посебан проблем, кад су у питању лабилни и нестабилни терени, из разлога, што њихово стање (не) стабилности често доводи до великих деформација терена и објеката на њему а што може довести до делимичног или потпуног прекида одвијања саобраћаја, кога по правилу прате огромне материјалне штете, а не ретко и људске жртве. Нажалост, као последица појаве циклона „Тамара“ 2014. год. ово се и десило на појединим деоницама државних путева Србије.

У раду се презентује шта се заправо десило у Србији у том релативно кратком периоду дејства циклона, затим процене размере штете изазване циклоном, односно клизиштима и бујичном ерозијом на путној инфраструктури, како и зашто се десило активирање огромног броја клизишта и предлози шта даље чинити и које превентивне мере предузети како би се у што је могуће већој мери спречиле или умањиле последице оваквих природних катастрофа.



Слика 1.
Figure 1.

2. ПРОЦЕЊЕНЕ РАЗМЕРЕ ШТЕТА ИЗАЗВАНЕ ЦИКЛОНОМ „ТАМАРА“

Дејством циклона, у периоду од 14. до 24. априла и од 12. до 17. маја 2014. године, са екстремно великим количинама падавина, које су процењене као 100 годишње и више од те вредности, дошло је до поплава на великом пространству, са катастрофалним последицама, нарочито на подручју Западне Србије (подручје Ваљева, Крупња, Лознице, Ужица, Бајине Баште, Љубовије и Малог Зворника). **На подручју Ваљева и Крупња достигнута је највећа месечна сума падавина са повратним периодом од око 250 година (излучене количине падавина преко 280 mm).** На читавом овом простору причињене су огромне материјалне штете а било је и људских жртава.

Киша која је изазвала поплаве са катастрофалним последицама, обухватила је: слив Колубаре, доњи део слива реке Дрине, слив Западне Мораве, доњи део слива Јужне Мораве, сливове непосредних притока Велике Мораве, слив Млаве, као и непосредни слив реке Саве, од државне границе до ушћа у реку Дунав код Београда.

Циклон је на овом подручју, у периоду од 14. до 18. маја 2014. године, условио, према подацима РХМЗ Србије, екстремну количину падавина, у већини места преко 200 l/m², локално и преко 300 l/m². Овом догађају претходиле су обилне падавине у периоду од 14. априла до 5. маја, када је у већем делу Републике Србије пало између 120 l/m² и 170 l/m², а у југозападним деловима земље и преко 250 l/m². Највеће количине падавина су излучене у центру слива Трешњице (притоке Дрине) - око 320 mm, затим у зони Крупња и у сливу Љига око 280 mm. Падавине више од 200 mm захватиле су већи део Шумадије и непосредан слив реке Дрине од Рогачице до ушћа. **Карактеристично је, да је овај кишни период трајао скоро непрекидно 21 дан.**

У брдско планинским пределима, нарочито око Крупња, Љубовије и Малог Зворника, поплаве које су се догодиле имале су бујични карактер, са великом брзином простирања и разорном моћи. У периоду од 11. до 17. септембра 2014. године, интензивне кише са количинама падавина од преко 200mm, изазвале су на подручју Г.Милановца, Текије, Кладова, Неготина, Грабовице...поплаве са огромним материјалним последицама и људским жртвама.

Огромне количине падавина на овим подручјима, осим поплава, појаве бујица и ерозије, поплавним и бујичним водама изазвале су и активирање изузетно великог броја клизишта, тецишта и одрона различитих димензија, механизма и динамике померања покренутих маса.

На државним путевима Србије I и II реда, за време дејства циклона и касније, у периоду мај - септембар 2014. год., **активирано је преко 2000 нестабилних појава, од чега је око 160-170 већих и великих клизишта, запремине од неколико стотина до неколико десетина хиљада кубика покренуте масе,** која захтевају велика финансијска средства за санацију и за која су потребна геолошко-геотехничка истраживања и израда пројектно техничке документације за њихову санацију.

На слици 2 - Карта државних путева Србије I и II реда, су приказана активна клизишта (око 320 појава), **регистрована у периоду 2005.- март 2014. године** (која су била непосредна опасност за безбедност саобраћаја) и клизишта **евидентирани током 2014. и 2015. године, настала као последица огромних падавина у периоду април-септембар 2014. (око 205 појава).** Анализом распореда приказаних клизишта на карти државне путне мреже, уочљиво је да је **далеко највећи број нестабилних појава активиран на подручју Крупња, Бајине Баште, Љубовије, Ваљева и Малог Зворника.**

На локалној путној мрежи, у истом периоду, активирано је **преко 3000 нестабилних појава,** од чега је велики број тешких клизишта, врло **сложених и скупих** за санацију, за која су такође потребна геолошко-геотехничка истраживања и израда пројектно техничке документације. Као илустрација геолошке стихије, која је задесила Србију у периоду мај-септембар 2014. године, на сликама 3-10 су приказана карактеристична клизишта. Приказане појаве су великих размера, **са покренутом масом од неколико хиљада до неколико десетина хиљада кубика** водозасићеног до течљивог, глиновито прашинастог до глиновито дробинског материјала.

Осим државних и локалних путева као и мостова на њима, **дејством циклона, односно, клизишта, тецишта, одрона и бујичних наноса, на угроженом подручју, страдала су и бројна домаћинства па и читава насеља.** Порушен је велики број индивидуалних стамбених и помоћних објеката, девастиране су огромне пољопривредне површине. Страдали су и бројни привредни објекти, па је становништво на угроженом подручју, осим директних материјалних штета, које је претрпело рушењем стамбених објеката и девастацијом обрадивог земљишта, додатно угрожено губљењем радних места.

Најразорније дејство и материјалне штете, које је циклон нанео, биле су на државној путној мрежи. Према неким проценама, само су на државним путевима I и II реда **нанете штете у износу од преко 50 милиона еура.**

3. ДОСАДАШЊЕ АКТИВНОСТИ НА ОТКЛАЊАЊУ ШТЕТА НА ПУТНОЈ МРЕЖИ СРБИЈЕ

Непосредно након дејства циклона и формирања огромног броја деформација и клизишта на путној мрежи Србије, Јавно предузеће „Путеви Србије“ је преко компетентних институција, у периоду од маја 2014 до краја 2016. године, за потребе санације, урадило **135 Главних пројеката санације већих и великих клизишта и 40 Идејних пројеката мањих нестабилних појава на подручјима захваћеним екстремним падавинама и мајским бујичним поплавама 2014.год. на читавој територији Србије.** Током 2016. и 2017.године санирано је или су радови у завршној фази извођења 46 клизишта које као донацију финансира Европска банка (UNOPS-IPA fond). Пројектантска вредност санационих радова је око 6,3 милиона еура. Осим тога, преко Канцеларије за управљање јавним улагањима, финансирано је санирање 11 клизишта на угроженим подручјима у вредности од око 375 000 еура. Затим, из средстава иностраних кредита за рехабилитацију путних праваца на државним путевима I и II реда санирано је укупно 19 клизишта и других нестабилних појава. У оквиру редовног одржавања путева у ЈП „Путеви Србије“, на основу Плана за 2016.годину, санирано је или је у завршној фази санације 7 клизишта. Дакле, укупно је санирано 83 клизишта која су настала као последица мајских бијичних поплава 2014.године на државним путевима Србије. У периоду од 2010. до краја 2015. године, ЈП „Путеви Србије“ је финансирало санацију 51 клизишта на државној путној мрежи на простору читаве Србије.

Осим наведеног броја санираних клизишта, преко предузећа за одржавање путева, предузете су хитне санационе и превентивне мере на државним путевима, у циљу омогућавања одвијања саобраћаја. На државној путној мрежи санирано је, потпуно или делимично преко 230 клизишта - деформација на путевима.

За потребе санације клизишта на државним путевима I и II реда, утрошено је укупно око 600 милиона динара. Поред тога, за потребе санације око 500 разних оштећења на коловозу, косинама усека, засека, насипа, пропуста и др. на државним путевима, утрошено је преко 950 милиона динара, односно око 8 милиона еура. За санацију око 118 разних оштећења на локалној путној мрежи утрошено је око 710 милиона динара, односно око 6 милиона еура. За потребе финансирања оштећења насталих као последица поплава и изградњу нових на месту порушених мостова на државним путевима, утрошено је укупно око 570 милиона динара, односно око 4,7 милиона еура. На локалним путевима, за санацију и изградњу мостова утрошено је око 1,2 милијарде динара, односно око 10 милиона еура.

Све укупно, на државној и локалној путној мрежи Србије, до данашњих дана, санирано је или је предвиђено за санацију преко 1000 разних нестабилних појава (клизишта, одрони, тецишта, одцепљења на косинама усека, засека, насипа и др.). За финансирање све укупних санација на државној и локалној путној мрежи, утрошено је или је у фази реализације укупно преко 5 милијарди динара, односно преко 44 милиона еура.



Слика 3. Клизиште на државном путу IIA-137 Крупањ - Мачков Камен - Грачаница, км:6+900. Клижењем је потпуно уништен труп пута у дужини од 60м
Figure 3. Landslide on public road no. IIA-137 section Krupaњ – Mачkov Kamen – Gracanica, km 6+900. Totally destroyed roadbed bz sliding at the length of 60m.



Слика 4. Клизиште на државном путу IIA-139, деоница: Костајник – Столице, км:10+950 -11+070.
Figure 4. Landslide on public road no. IIA-139, section: Kosmajnik – Stolice, km: 10+950 – 11+070



Слика 5. Клизиште на државном путу IIA-170 Рогачица – Бајина Башта,
у селу Црвеница - потез Васићи, дужине преко 300m.

Figure 5. Landslide on public road no. IIA-170 Rogacica – Bajna Basta
in the village Crvnica – stroke Vasici, the length of the event over 300m



Слика 6. Клизиште на државном путу IIA-170, деоница: Ваљево – Дебело брдо,
km:22+200, настало након мајских поплава 2014.год.

Figure 6. Landslide on public road no. IIA-170, section: Valjevo – Debelo brdo,
km: 22+200, formed after floods in May 2014



Слика 7. Клизаште на путу IIA-150, km: 82+900, деоница: Босута - Белановица, дужине по путу 75m а низ падину око 60m,
Figure 7. Landslide on road IIA-150, km: 82+900, section: Bosuta – Belanovica, length of 75 m throughout the road alignment and 60 m down the slope



Слика 8. Клизаште на државном путу IB-30, деоница: Ивањица-Ушће, km:38+100
Figure 8. Landslide on public road IB-30, section: Ivanjica-Usce, km: 38+100



Слика 9. Клизаште на државном путу IB-22, деоница: Краљево – Ушће у месту Пивнице, km:390+050, величине око 350-400m x 200-250m x око 5-8m.
Figure 9. Landslide on public road IB-22, section: Kraljevo – Usce in Pivnice, km: 390+050, size of the event 350-400m x 200-250m x 5-8m



Слика 10. Клизиште на државном путу IIB-342 Ваљево (Иверак) – Караула - УБ,
km: 3+610 у насељу Дупљај.

Figure 10. Landslide on public road IIB-342 Valjevo (Iverak) – Karaula – UB,
km:3+610 in Dupljaj

4. КАКО И ЗАШТО СЕ ДЕСИЛО АКТИВИРАЊЕ ОГРОМНОГ БРОЈА КЛИЗИШТА И ДРУГИХ НЕСТАБИЛНОСТИ ИЗАЗВАНИХ ЦИКЛОНОМ

Овакве размере штета, до сада незабележене на простору Србије (а и шире у окружењу), настале као последица великог броја нестабилности, изазване циклоном, **захтевају и траже стручну и сваку другу анализу у смислу**, шта се све то догодило, зашто, како и где на нашим просторима, и да ли се могла **та снажна и интензивна повредљивост терена и објеката** предвидети или спречити, односно, ако се иста већ догодила, да ли је могло пре или у току њеног догађања њихове последице (ризик) од штета свести на прихватљиву меру.

Полазне претпоставке за могуће одговоре на нека од ових питања, налазе се у природним пред-условима терена, који у суштини полазе од тога, да до активирања клизишта (и др. нестабилности) доводе различити процеси, **како природни тако и антропогени**, чије размере зависе од непосредног окружења, тј. природе основног агенса сила (термичких, гравитационих, сеизмичких), које су иницирале ове појаве.

Дакле, који су све били узроци и поводи за иницирање и активирање бројних нестабилности **за време и после појаве снажног циклона** треба их, по нашем мишљењу тражити у следећем:

- Опште је познато да су узрочници појаве клизишта и других нестабилности бројни и да се они спонтано јављају у току морфогенетског обликовања савременог рељефа. Клижење, као један од најчешћих падинских (гравитационих) процеса, настаје углавном као резултат деловања бројних природних и техногених фактора, од којих су свакако најважнији морфологија терена, геолошка грађа, карактеристике тла (стена) и њихове промене проузроковане геолошким развојем, или су настале услед више комплексних фактора, истовременим деловањем природних (земљотреси, ерозије, падавине) и техногених фактора (промене и обликовање падина, односно терена људском делатношћу).

- Развој ових процеса, нарочито долази до изражаја на лабилним и нестабилним (падинским) деловима терена, каквих у Србији (осим Војводине) има много, слика 1, 2 и 3, у чијој грађи најчешће учествују глине и лапори, који се често смењују са песковима и шкриљцима, покривени квартарним покривачем различите дебљине. У присуству воде, овакве стене подлежу промени физичког стања – густине, односно порозности и конзистенције а самим тим прогресивном смањењу отпорних својстава. При осталим неповољним околностима, као што су просторни положај, уклањање растреситог покривача, **било**

неадекватним инжењерским радовима или природном ерозијом, затим, спољни фактор, на пример динамички утицај или друго, може да наступи клижење, течење, одроњавање, осипање, и сл.

- Обилне падавине које су се десиле током циклона у кратком временском периоду, од 12.-17. маја 2014. год., биле су непосредни (директни) повод за међусобно (здружено) деловање многих од поменутих фактора, што је изазвало активирање огромног броја, потенцијално старих и нових клизишта и других видова нестабилности, различитих димензија и интензитета, посебно на подручју централне, западне, и источне Србије и шире у региону, где су падавине биле између 100 и 250 l/m², што је изазвало огромне материјалне штете а било је и људских жртава.

- За активирање напред наведених савремених геолошких процеса, током и након поменуте **геолошке стихије**, значајну улогу, **може се рећи пресудну**, су имали интензивни процеси ерозије, који су били активирани практично у свим облицима (као планарни, линијски, ерозиони, флувијално речни и др.) а који су својим дејством испирања и одношења ситних честица тла, као и ситних до већих комада стене, затим шумских стабала и других материјала, рушећи све пред собом, довели до, уз остале факторе, формирања клизишта, одрона и другин нестабилности, како у природној геолошкој средини тако и на изграђеним објектима.

Ерозија је нарочито била изражена на релативно стрмим, расчлањеним падинама и на косинама изнад изграђених објеката, **на оним деловима терена који су били огољени, без вегетације**. Непостојање или уклањање вегетације, доводи до повећања ерозије, односно смањивања дебљине покривача (распадине), тиме што се корени уклањају, што омогућава површинским водама, током кишних периода, да продру у потенцијална подручја клизања, као и повећања испаравања у току сушних периода, када по правилу долази до стварања пукотина у површинском покривачу, што га чини подложним новом клижењу. Иначе из праксе је познато да подручја стабилизовања шумским – биљним покривачем на падинско долинским странама **заустављају развој клизних процеса, фосилизирањем врло старих клизишта и ерозионе процесе** површинских водених токова.

С`обзиром да се код нас при пројектовању и изградњи путних и других објеката, често није довољно водило рачуна о потенцијалној еродибилности терена, са могућностима у кишним периодима појаве интензивних **бујичних токова** у ближој и широј зони изграђеног објекта, природа нас је догођеном стихијом на то опоменула.

Дакле то је била „освета ерозије“, која се појавом циклона у пуном замаху рушилачки манифестовала.

Непознавање или неуважавање чињеница какве све штете и последице могу настати по животну средину, због могућих појава геолошких (и других природних) феномена, односно, подцењујући знања геолошке струке, често доводи до тога да се при пројектовању и изградњи а касније и одржавању објеката, посебно објеката саобраћајне инфраструктуре, не обезбеђује општа стабилност и сигурност (како њих самих, тако и непосредне животне средине), од потенцијалних стихија великих размера, какав је управо био циклон „Тамара“. То из разлога што су објекти по врсти, броју, структури, димензијама, били недовољни и неадекватни, што се на жалост овом приликом и потврдило. Наиме, пројектовани су и изведени многи грађевински објекти (труп пута, одбранбени насипи, обало утврде, мостови, пропусти, потпорни зидови, дренаже, канали и сл.), који рушилачки налет циклона нису могли да задрже па је дошло до њиховог деформисања и урушавања, а тиме и до појаве разних видова нестабилности у животној средини (клизишта, одрони, тецишта, наплавина, стварање вештачких језера и забарења и тд.).

- Најзад, код догађања ове природне стихије, не треба занемарити ни **недовољну и неусаглашену** међусобну обавештеност (понекад хаотично, без праве координације) и размену информација (путем медија и сл.), од стране стручних организација и појединаца који се баве овом проблематиком и **одређених државних представника**, о размерама и правцима деловања надолazeће стихије, и шта треба (и како) при томе чинити (мада је било и позитивних примера). Због тога, можда су пропуштене правовремене техничке и друге могућности, да стихија не добије догођене размере по питању развоја процеса нестабилности и огромних штета, **с`напоменом да у том догађању, пре, за време а и касније, нису адекватно и довољно били ангажовани правовремено одговарајући мериторни стручњаци и специјалисти који се баве овом проблематиком.** Мисли се пре свега на **инжењере геологе** (специјалисте инжењерске геологије и геотехнике, морфологије, геофизике и сл.), **инжењере грађевине** (специјалисте хидрологије, хидротехнике, конструктивци, путари и сл.), затим инжењере хидрометеорологије, пољопривреде и шумарства те планере и урбанисте итд. То су углавном, **по мишљењу аутора, били одлучујући разлози**, односно узроци за објашњење настанка и размере и штете које је изазвао циклон.

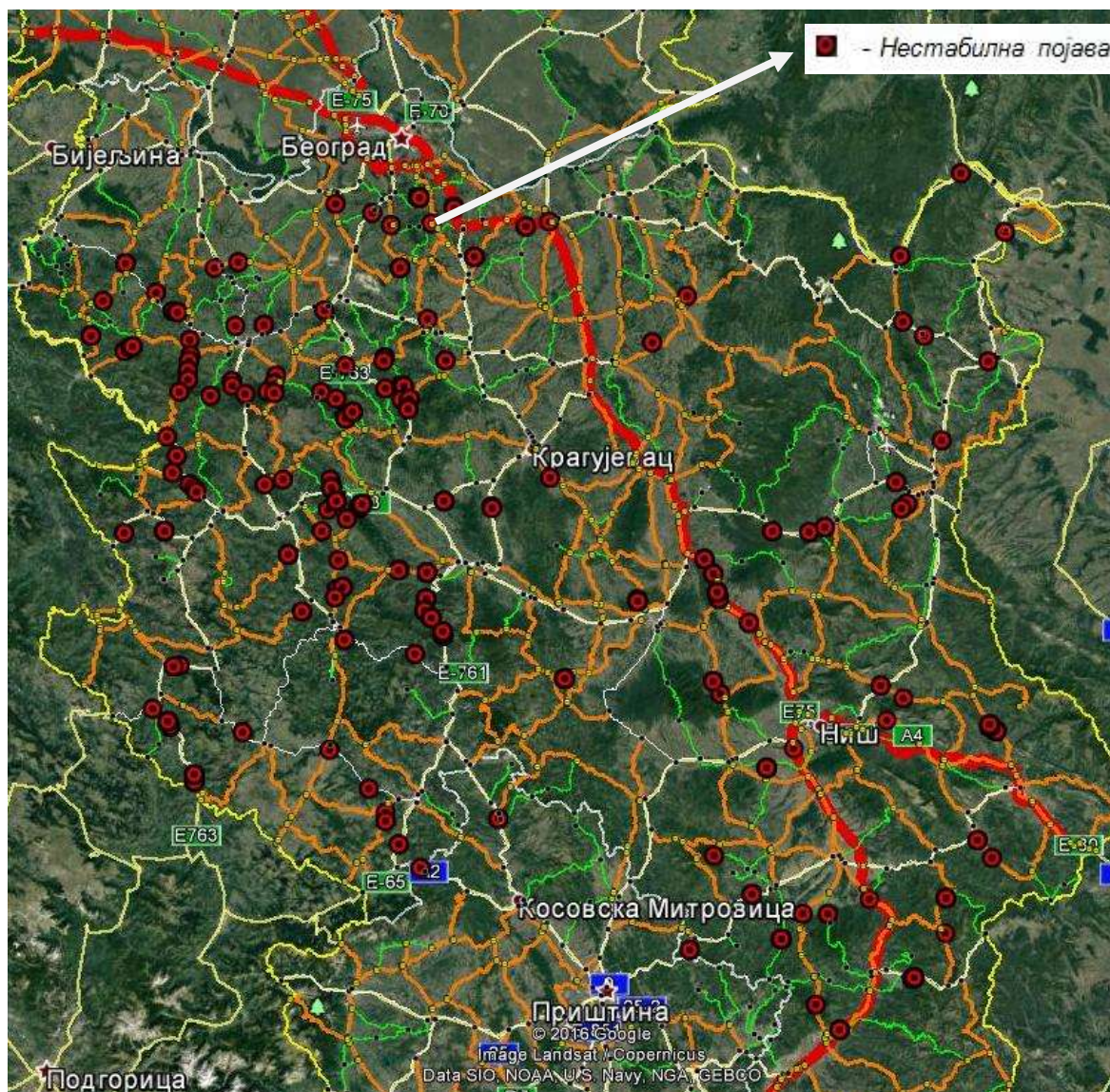
5. ШТА ДАЉЕ ЧИНИТИ У СМISЛУ НЕОПХОДНИХ АКТИВНОСТИ

Полазећи од свега што се десило са природном геолошком средином током циклona и искустава из прошлости, као и чињенице да је већи део простора Републике Србије у неповољним климатским условима, подложен развоју савремених геолошких процеса и појава као што су клизишта, одрони, тецишта, ерозије, плавине, забарења и сл., неопходно је, за потребе пројектовања и изградње нових објеката и одржавање старих изграђених објеката, посебно за објекте саобраћајне инфраструктуре, **прво урадити савремену базу података о процесима и појавама чије постојање и деловање може непосредно и посредно угрозити стабилност и функцију објеката кроз време.**

База треба да садржи: инвентар (регистрацију) појава, њихову историју развоја, **карте „хазарда и ризика“**, податке о истражености и евентуалној успешности санације, затим квалитативну и квантитативну процену њихове опасности по простор и објекте на њему, те податке о мониторингу за време грађења и у фази експлоатације, као превенција за благовремено откривање појава нестабилности и правовремено предузимање адекватних санационих мера. Иако већина развијених земаља поседује урађену овакву базу података за своје потребе, **до сада се у нашој земљи, по овом питању мало радило.** Учињени су у задњих 10 година по томе значајни кораци за потребе државних путева Србије првог и другог реда, у оквиру ЈП „Путеви Србије“ где је у фази израда Базе података о нестабилним појавама на државним путевима, затим за потребе електропривреде и водопривреде, те за урбани простор града Београда.

На државним путевима Србије, у периоду од 2005. до маја 2017. године регистровано је око 570 клизишта и других нестабилних појава. Само је у периоду од маја 2014. до децембра 2015. године регистровано 205 клизишта а која су настала као последица екстремних падавина и мајских бујичних поплава.

Од укупног броја евидентираних клизишта и других нестабилних појава, на државним путевима Србије у периоду од 2005. – 2017. године, до сада је у Базу података о нестабилним појавама унето око 280 клизишта (Институт за путеве, Завод за геотехнику, 75 појава и Одељење за клизишта и потпорне конструкције у Сектору за одржавање путева ЈП „Путеви Србије“ око 205 појава). На слици бр.11 приказано је око 180 појава. Остаје за сада да се у Базу унесе још око 290 евидентираних нестабилних појава. Треба инсистирати код надлежних државних и локалних органа и других заинтересованих институција, због актуелне проблематике, да се активност на изради Базе података о клизиштима убрзано настави и обухвати читави простор Србије.



Слика 11 – Прегледна карта нестабилних појава на државним путевима Србије унетих у базу података (око 180 појава), М.Јотић и М.Златковић, мај 2017.год.

Figure 11 - Overview map of unstable occurrences on state roads of Serbia entered into the database (approx.180 occurrences), M. Jotic and M. Zlatkovic, May 2017

6.ЗАКЉУЧАК

Наша земља, ако жели да достигне виши степен друштвеног и економског развоја, мора смоћи снаге да употреби сва средства, да се са својим људским потенцијалом и другим ресурсима **успешно бори са разним природним непогодама**, какав је циклон „Тамара,“ како би се очувала и заштитила своја животна средина, односно животни простор од могућег његовог великог нарушавања и наношења штета великих размера, нарочито на саобраћајној – путној инфраструктури. **Треба се у суштини навићи да се рационално и безбедно живи са тиме.**

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Изградња пута на лабилним и нестабилним падинама /Вујанић В.// Монографија часопис „Материјали и конструкције“ № 1-2 (1994)
- [2] Карактеристике јаких киша које су проузроковале честу појаву поплава на територији Србије у периоду април-септембар 2014.године / С.Прохаска, Д.Ђукић, В.Б. Дивац, Н.Тодоровић, Н. Божовић//Монографија часопис „Водопривреда“0350-0519,бр.46(267-272),(2014)
- [3] Расположива стручна документација Института за путеве ад Београд, Института за испитивање материјала ИМС, Београд, Института за водопривреду „ЈарославЧерни“,Београд, Хидрометеоролошког Завода Србије, Београд, ЈП „Путеви Србије“, Београд.

SANACIJA, UNAPREĐENJE I ODRŽAVANJE PUTEVA UZ PRIMJENU GEOSINTETIČKIH PROIZVODA U OBLASTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Olivera Vušović¹, spec.sci.građ., Sofija Ostojić¹, BSc.građ., Ivan Božović¹, spec.sci.građ., Aleksandra Jovanović¹, dipl.prost.plan., Ivan Ševaljević¹, dipl.inž.građ.

¹Društvo za promet i inženjerske usluge "Geotechnics Projects & Consulting" D.O.O. Podgorica, I proleterske 5, 81000 Podgorica; gpcmne@gmail.com

Rezime: *Primjene geosintetika u cilju zaštite životne sredine od uticaja puta najbolje pokazuju primjeri gdje je korist dugoročna i višestruka. Geosintetičkim kompozitom postiže se efikasna apsorpcija zagadivača na nivou infiltracije. Pravilno zaštićena obaloutvrda istovremeno je pouzdana podloga za saobraćajni koridor, obezbjeđivanje kosina kod saobraćajnica neće štiti samo saobraćajnicu i doprinosti bezbjednosti učesnika, već će i okolinu štiti od štetnih uticaja vozila (vibracije, izlivanja ulja, nafte i naftnih derivata). Izuzetna je primjena kod akcidentnih udesa. Potpuna eliminacija formiranih zona zagađenosti i ponovno uspostavljanje zadovoljavajućeg kvaliteta voda i tla nije više nerješiv zadatak.*

Ključne riječi: *zaštita životne sredine, geosintetički kompoziti, naftni derivati, putevi*

REHABILITATION, IMPROVEMENT AND MAINTENANCE OF ROADS WITHIN THE APPLICATION OF GEOSYNETIC PRODUCTS IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Olivera Vušović¹, spec.sci.građ., Sofija Ostojić¹, BSc.građ., Ivan Božović¹, spec.sci.građ., Aleksandra Jovanović¹, dipl.prost.plan., Ivan Ševaljević¹, dipl.inž.građ.

¹Association of Transport and Engineering Services "Geotechnics Projects & Consulting" D.O.O. Podgorica, I proleterske 5, 81000 Podgorica; gpcmne@gmail.com

Abstract: *The applications of geosynthetics for the protection of the environment from the impact of the road are best illustrated by examples where the benefit is long-term and multiple. A geosynthetic composite achieves efficient absorption of the pollutants at the level of infiltration. Properly protected coastline at the same time is a reliable basis for the traffic corridor, providing slopes at the roads will not only protect the road and contribute to the safety of the participants, but will also protect the environment from the harmful effects of vehicles (vibrations, oil outflow, petroleum and petroleum derivatives). Exceptional application in incidental accidents. The complete elimination of the formed pollution zones and the restoration of satisfactory water and soil quality is no longer an unsolvable task.*

Keywords: *environmental protection, geosynthetic composites, petroleum derivates, roads*

1. UVOD

Proteklih godina u Crnoj Gori, u određenom stepenu, došlo je do pobuđivanja svijesti nadležnih institucija, u prvom redu Ministarstva saobraćaja, pomorstva i telekomunikacija i Direkcije za saobraćaj, u pogledu spoznavanja važnosti rehabilitacije i modernizacije niza saobraćajnica kako bi se stvorili uslovi za bezbjedniji protok ljudi i robe (pogotovo u jeku turističke sezone). Na početku realizacije ovog, za crnogorsku infrastrukturu, vitalnog projekta situacija na terenu je bila takva da se moralo brzo odreagovati i to primjenom dva programa – Programa zaostalog održavanja i Programa saniranja kritičnih tačaka (uskih grla). Na ovaj način poboljšano je stanje oko 60-ak dionica i objekata na njima (vršena je sanacija mostova i tunela, rehabilitacija asfalta, saniranje kosina, izgradnja trećih traka za sporu vožnju, izgradnja galerija..), međutim predstoji još dosta posla na rehabilitaciji i modernizaciji postojeće mreže čija dužina iznosi 6.848 km, od čega 884 km čine magistralni putevi, 964 km regionalni putevi, dok su lokalni putevi dužine od oko 5000 km. Poseban problem u održavanju putne infrastrukture, kao i njenoj daljoj rehabilitaciji i rekonstrukciji predstavlja izraženo sezonsko korišćenje. Naime, u toku ljetnje turističke sezone (jun-septembar) frekvencija saobraćaja je i do 20 puta veća od frekvencije u toku ostalog dijela godine. Na određenim dionicama dnevna frekvencija u toku turističke sezone i za vikend prelazi 20.000 vozila.

Dakle, definisanje prioriteta zadataka u razvoju i unapređenju putne infrastrukture u narednom periodu zasnovano je na objektivnim saobraćajnim, tehničkim, ekonomskim, socijalnim i ekološkim kriterijumima, odnosno na ujednačenost regionalnog razvoja, infrastrukturnom priključenju Crne Gore na regionalne i evropske putne mreže, demografskom razvoju, ekološkoj zaštiti i dr.

Budući da je Crna Gora proglašena prvom ekološkom državom, da je određeni dio njene teritorije pod zaštitom UNESCO-a, kao i da obiluje nacionalnim parkovima veoma bitan faktor pri izboru sistema sanacije i rehabilitacije igra i uticaj primijenjenih postupaka na ekosistem koji je sastavni dio putne infrastrukture. Zaštita životne sredine je danas postala jedan od kapitalnih činilaca na koji je neophodno obratiti pažnju kroz sve grane privredne i društvene djelatnosti, naročito prilikom procesa degradacije prirodnih resursa nastalih usled modernizacije i sve ekspanzivnije izgradnje objekata i infrastrukture. Prisutne negativne posledice uglavnom su rezultat pogrešno planirane industrijalizacije, izgradnje stambenih naselja i infrastrukturnih sistema, nekontrolisane i neadekvatne upotrebe energije kao i nedovoljnog spoznavanja osnovnih zakonitosti iz domena životne sredine.

Uticaji na životnu sredinu koji se javljaju kao posledica egzistencije puta u prostoru i njegove eksploatacije kroz vrijeme imaju uglavnom trajni karakter i kao takvi predstavljaju uticaje od vitalne važnosti u odnosu na relaciju put-životna sredina. Nastaju kao posledica građenja objekata, prisustva ljudi, mehanizacije ili usvajanja neadekvatnog sistema organizacije i tehnologije izvođenja radova, ili kao posledica neadekvatnog korišćenja i održavanja objekata tokom njegovog eksploatacionog vijeka. Sve ovo utiče na narušavanje prirodnog sklada koji vlada u ekosistemu, te je naša dužnost kao projekatnata da kroz elaborate o zaštiti životne sredine, primjenu novih ekološko prihvatljivih rešenja i materijala pokušamo da smanjimo tiraniju prema prirodi i svemu što u njoj egzistira, pogotovo u oblasti nacionalnih parkova, turistički atraktivnih lokacija i vodoizvorišta koji su najveće blago naše zemlje.

S obzirom na to da je Crna Gora prvenstveno zemlja koja živi od prirodnih resursa, u prvom redu turizma kako ljetnjeg tako i zimskog, a u jeku građevinskih uspjeha i ekonomskih boljitaka nikako ne smijemo dovesti do toga da se prilikom uređenja putne infrastrukture zaboravi najvažniji faktor-faktor očuvanja ekoloških aspekata, te ćemo se stoga u ovom radu osvrnuti na inovativna, ekološki i ekonomski prihvatljiva varijantna rešenja.

2. Unapređenje zaštite životne sredine kroz predložene rekonstrukcije

Aspekt procjene uticaja životne sredine mora da bude apsolutno kompatibilan sa procesom projektovanja puteva kako bi dobijeni podaci bili validni za korišćenje u domenu obije od pomenutih grana tehnike. Zbog toga što rezultati jednog procesa predstavljaju ulazne podatke za drugi i obrnuto neophodno je postići kooperativnost između ekologa sa jedne i projekatnata puteva sa druge strane.

Kako prilikom procesa izvođenja, tako i prilikom eksploatacije može doći do privremenog i trajnog zagađivanja površinskih i podzemnih voda, naročito prilikom incidentnih zagađenja nastalih kao posledica saobraćajnih udesa vozila koja transportuju naftne derivate i druge opasne materije.

Za razliku od zagađenja nastalih tokom eksploatacije zagađenja u toku izgradnje nisu trajna, odnosno na njihovo suzbijanje i anulaciju se može uticati preduzimanjem odgovarajućih mjera zaštite. Posljedica su građevinskih radova (dubokih iskopa, potpunog ili djelimičnog skidanja humusa usled čega dolazi do stvaranja novih slivnih površina čime se zagađena voda lakše drenira u podzemlje), građevinskih mašina (potencijalna opasnost od izlivanja nafte i njenih derivata ili od izbacivanja motornih ulja i sličnog otpada), smještanja baza za mehanizaciju ili asfaltnih baza u blizini površinskih voda, nekontrolisanog odvođenja sanitarnih voda i sl. Polutanti koji se javljaju u eksploatacionom vijeku konstrukcije mogu imati trojak karakter-stalni (u slučaju permanentnog taloženja materija iz izduvnih gasova, ulja i maziva), sezonski (na primjer so koja se koristi za održavanje puteva tokom zimskih mjeseci) i slučajni (najčešće usled incidenata prilikom prevoza opasnih materija-nafte i njenih derivata ili hemijskih proizvoda).

U vodama koje se slivaju sa kolovoznih površina prisutan je niz štetnih materija u koncentracijama čije vrijednosti prevazilaze dozvoljene za direktno ispuštanje vode u vodotokove. Najčešće se radi o komponentama goriva kao što su jedinjenja azota (azotovi oksidi, amonijak, nitrati, nitriti), ugljovodonici, poliaromatični ugljovodonici (benzo-a-piren, fluoranten; koji su produkti nepotpunog sagorijevanja goriva ili motornog ulja), organski i neorganski ugljenik, i drugi, koji su prikazani u Tabeli 1.

Tabela 1. Tipični polutanti i izvori zagađenja u atmosferskoj otpadnoj vodi koja se sliva sa kolovoza

Polutanti	Izvori zagađenja
Čvrste čestice	Habanje kolovoza, vozila, atmosfera i održavanje puteva
Azot i fosfor	Atmosfera i primjena vještačkih đubriva
Olovo	Olovo u obliku tetrametil olova iz izduvnih gasova vozila, habanje guma
Cink	Habanje guma, motorna vozila i maziva
Gvožđe	Rđa sa vozila, odbojnici, pokretni djelovi motora
Bakar	Metalne zaštitne prevlake, habanje ležajeva i četkica na motoru, pokretni djelovi motora, habanje kočionih obloga, fungicidi i insekticidi
Kadmijum	Habanje guma i korišćenje pesticida
Hrom	Metalne zaštitne prevlake, pokretni motorni djelovi, habanje kočionih obloga
Nikl	Dizel gorivo i benzin, ulja za podmazivanje, metalne zaštitne prevlake, habanje kočionih obloga i asfaltnih površina
Vanadijum	Dodaci gorivu
Titan	Boja za bojenje oznaka na kolovozu
Mangan	Pokretni motorni djelovi
Natrijum-kalcijum-hlorid	Soli za odmrzavanje
Sulfati	Kolovozna posteljica, gorivo i soli za odmrzavanje
Nafta i naftni derivati	Prskanje i curenje goriva, antifrizi i hidrauličnih ulja, kvašenje asfaltne površine

Izvor: Tehničko uputstvo o procjeni uticaja na životnu sredinu za putni sektor, JP „Putevi Srbije“ Beograd

Prema Zakonu o vodama atmosferska voda koja se ispušta u vodotok mora da bude prečišćena najmanje do kvaliteta koji odgovara kategoriji vodotoka. Visoka cijena prečišćavanja nalaže potrebu da se odvodnjavanje projektuje tako da se samo zaista zagađena voda prečišćava. Pribrežna voda, kao i voda sa kosina puta, koja nije zagađena, vodi se posebno, uglavnom preko cjevastih propusta i otvorenih kanala i direktno se ispušta u recipijent, tj. odvodnjavanje otvorenim sistemom vrši se tipskim rigolama i jarkovima koji se po potrebi provode ispod trupa puta, sakupljaju se u separator i kontrolisano ispuštaju u recipijent.

U našoj dosadašnjoj praksi uobičajeno rešenje je bilo takvo da se voda sa kolovoza prihvata kontrolisano-zatvorenim sistemom odvodnjavanja i rigolom, te da se zatim sprovede do slivnika pa u kolektor. Ovakav

sistem sačinjavaju kolektor (kanalizaciono-drenažna cijev), slivnik sa priključcima na kolektor i separator. Slivnici se priključuju na kanalsko-drenažnu cijev koja može da se nalazi u razdjelnom pojasu ukoliko on postoji, a kojom se pored površinskih odvoda i pripadajući dio procjednih voda iz trupa puta.

Ovakva rešenja su komplikovana kako sa stanovišta projektovanja tako i sa stanovišta izvođenja i kasnijeg održavanja tokom predviđenog životnog vijeka. S tim u vezi, a vođeni težnjom za pojednostavljenjem kako u stručnom tako i u ekonomskom smislu, došli smo do inovativne metode sakupljanja navedenih polutanata. Sve veću ekspanziju primjene u svijetu građevine doživljavaju geotekstili kao zamjena za mnoga rešenja, kao što su na primjer sanacija kolovozne konstrukcije, ojačanje nasipa, vododrživost, a između ostalog i upijanje polutanata iz zagađenih sredina.

Aktivni geokompoziti se koriste za upijanje polutanata na već zagađenim mjestima, kao i za sprečavanje eventualnog daljeg prodiranja zagađenja iz već kontaminiranog u nekontaminirani prostor. Za nas je od interesa proizvod pod nazivom Tektoseal Active iz porodice Huesker geosintetika.

Zagađivači protiv kojih se bori Tektoseal Active su: arsen, živa, katran, kerozit, mineralna ulja, teški metali, radioaktivni materijali, (TBT) tributil mješavine, (PCB) polihlorovani bifenili, tečnosti nerastvorive u vodi (NAPL), isparljiva organska jedinjenja (VOCs), policiklični aromatični ugljovodonik (PAHs), trihlorobenzin (TCB).



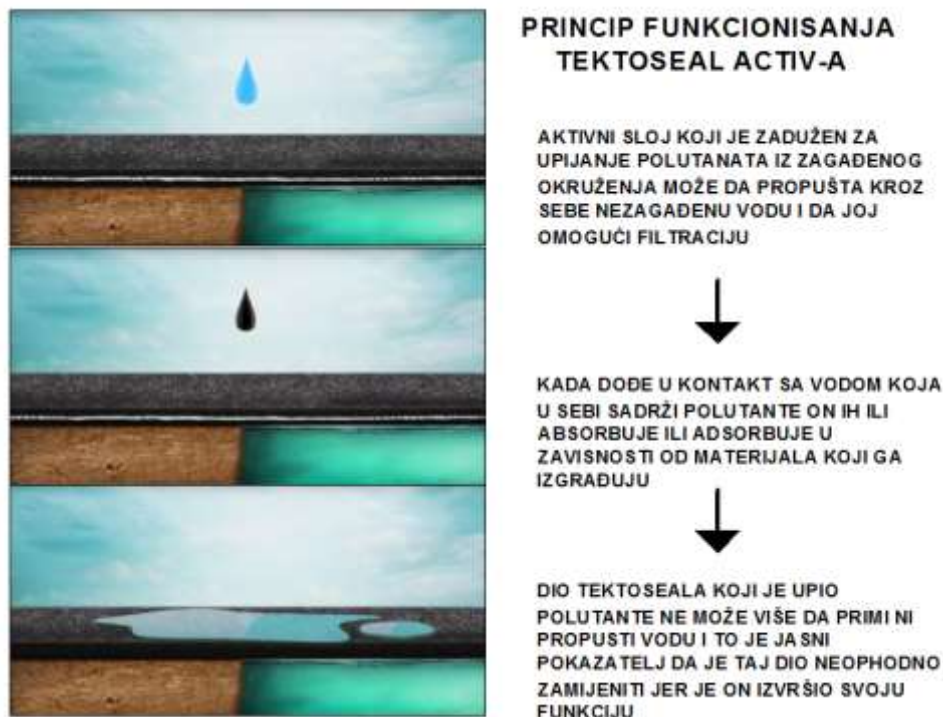
Slika 1. Prikaz slojeva Tektoseala-a i čimnice koji izgrađuju aktivni sloj

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

- Gornji sloj može biti tkani ili netkani polipropilen ili poliester koji služi kao stabilizator i zaštita od štetnih spoljašnjih uticaja.
- Aktivni sloj Tektoseal Active proizvoda između ostalog sadrži: uljeupijajući polimer, aktivni ugalj, prirodni kalcijum fosfat ili sodijum bentonit, što zavisi od funkcije koju Tektoseal mora da izvrši.
- Donji sloj se bira tako da obezbijedi traženu čvrstoću i zaštitne karakteristike i sastoji se od tkanog ili netkanog geotekstila sa geomrežama kao dodatnim ojačanjem.

Svi materijali koji se koriste za formiranje jednog ovakvog zaštitnog pokrivača su ekološki prihvatljivi.

Tektoseal Active obezbjeđuje pouzdano rešenje oporavka upotrebom geosintetika u slučajevima kad nije izvodljivo/isplativo ukloniti ili odložiti zagađene sedimente ili tlo, kao i u slučajevima kada želimo izbjeći skup i komplikovan zatvoreni sistem kanisanja otpadnih voda. Jedan od načina primjene u putogradnji je sistem ugradnje Tektoseal-a za slučaj prikupljanja otpadnih voda ugradnjom u bankine i kanale što je inovativno rešenje koje se prvi put implementira na primjeru glavnog projekta regionalnog puta Virpazar – Murići. Primjenjuje se kod zaštite podzemnih i površinskih voda kao i kod oporavka zemljišta.



Slika 2. Prikaz funkcionisanja Tektoseal Active sistema

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

Prednosti Tektoseal Active proizvoda:

- (a) efikasno upijanje zagađenja na mjestima infiltracije
- (b) jednostavno postavljanje u vodi i na tlu
- (c) povezanost sa geotekstilom daje mehaničku stabilnost aktivnom granularnom sloju
- (d) uniformna debljina pokrivača duž čitave površine postavljanja
- (e) prilagodljivost različitim rešenjima preko kombinacije aktivnih suplemenata.

2.1. Tektoseal Active AS – Fleksibilni upijač ulja

Tektoseal Active AS je mehanički ojačan madrac za upijanje ulja koji pouzdano vezuje petrohemijske proizvode. Ovaj svestrani geokompozit može da se primjenjuje u vodi, na vodenoj površini ili na kopnu. Mnogi od proizvoda za sakupljanje ulja koji su trenutno na tržištu nisu sposobni da se nose sa spoljašnjim uticajima: na primjer mogu biti odnijeti dejstvom vjetrova ili vode.

Tektoseal Active AS objedinjuje visoke performanse upijajućih polimera i mehaničku stabilnost geotekstila. Osim proširenja područja primjene i produženja životnog vijeka sastavnog polimera, finalni geokompozit može se lako adaptirati kako bi ispunio izazovne zahtjeve specifičnih projekata. Plutajući, tonući ili ekstra stabilni proizvodi mogu, na pr. biti dobijeni izborom odgovarajućeg geotekstila u procesu njihovog obrazovanja. Tipična primjena uključuje: postrojenja kao što su luke, gradilišta, pružne oblasti, aerodromi ili privremene benzinske stanice i parkinzi. Ovaj proizvod takođe pruža zaštitu u slučaju nezgoda koje se mogu javiti u saobraćaju (oslobađanje nafte, naftnih derivata, hemijskih jedinjenja) i u mnogim drugim situacijama.

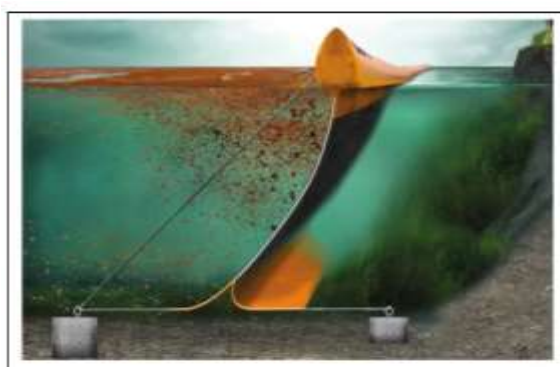
Glavna prednost Tektoseal Active AS-a je njegova jednostavna upotreba. Budući da se nabavlja u rolnama lako ga je postaviti i kad izvrši svoju funkciju, odnosno kad ne može da upije više polutanata ukloniti ga na otpad. Može biti jednostavno izrezan na gradilištu kako bi se uklopio u postojeće stanje.

Tektoseal Active AS može da se koristi kao uljna barijera u pružnim ležajevima, ispod privremenih parking područja i privremenih pumpi, kao zavjesa za upijanje ulja u vodi, kao upijajući madrac u radionicama i prostorijama za održavanje mašina, kao i na gradilištu u fazi izgradnje, i kao uljna barijera za saobraćaj, transport i industrijske nezgode.



Slika 3. Prikaz sastava Tektoseal Active AS sistema

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*



Prednosti Tektoseal Active AS-a:

- (a) visokoupijajući madrac za absorpciju ulja sa visokom mehaničkom čvrstoćom
- (b) jednostavno postavljanje i uklanjanje
- (c) jednostavno sječenje koje omogućava prilagođavanje uslovima na gradilištu u pogledu dimenzija-mogu se kidati komadi različitih dimenzija
- (d) može biti dizajniran tako da pluta ili tone

Slika 4. Prednosti Tektoseal Active AS sistema

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

Tabela 2. Karakteristike Tektoseal Active AS-a

TEKTOSEAL ACTIVE AS	
Funkcija	upijanje ulja
Zagađivači	ulje, dizel, petrol, gorivo za mlazne motore
Kapacitet upijanja ulja	1 m ² upija i do 7 litara ulja
Oslobađanje ulja pod opterećenjem	0% pod opterećenjem od 0,1 bar
Sposobnost plutanja sa netkanim polipropilenima	≥ 99% i u uljem zasićenom i u nezasićenom stanju
Sertifikat	ovlašćeni upijač ulja u Njemačkoj

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

2.2. Tektoseal Active AC – Adsorpcija polutanata aktivnim ugljem

Tektoseal Active AC otvara put potpuno novim oblastima primjene aktivnog uglja-široko i uspješno raspoređen adsorpcioni agens visokih performansi (adsorpcija je sposobnost neke čvrste stvari da na svojoj graničnoj površini veže molekule) - kao dio aktivnog geokompozitnog rešenja. Aktivni uglj se koristi za tretman pijaće vode, u hemijskoj industriji i kod kanalizacionih postrojenja za prečišćavanje. Mnoge od novih opcija koje otvara Tektoseal Active AC uključuje zarobljavanje polutanata koji bi migracijom mogli da dopru iz potencijalnih izvora do nezagađenih zona (prevencija zagađivanja migracijom), kao i vezivanje polutanata koji su već prisutni u okruženju i uklanjanje zagađivača iz tečnosti i gasova.

Mehanička stabilnost aktivnog sloja omogućava brzo i jednostavno postavljanje proizvoda. Aktivni sloj je u isto vrijeme potpuno zaštićen od erozije nastale vodom, strujom ili nagibima. Kao i za sve proizvode iz Tektoseal Active familije još jedan veliki benefit leži u mogućnosti procesa proizvodnje i adaptacije površinskog (donjeg) i aktivnog sloja tako da odgovaraju zahtijevanim uslovima.

Tektoseal Active AC ima širok spektar primjene: koristi se kao filter za zagađivače u tlu (kod industrijskih proizvodnih površina i deponija), kao filter procjednih voda za infrastrukturu (transportne trase, aerodromi), prilikom sanacija muljnih laguna, kao i kao filter za zagađivače u slučaju saobraćajnih, transportnih ili industrijskih nesreća.



Slika 5. Prikaz sastava Tektoseal Active AC sistema

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

Tabela 3. Karakteristike Tektoseal Active AC-a

TEKTOSEAL ACTIVE AC	
Funkcija	adsorpcija nepolarnih zagađivača
Zagađivači	ispariva organska jedinjenja (VOCs), trihlor benzen (TBT), policiklični aromatični ugljovodonik (PAHs), polihlorovani bifenili (PCBs)

Slika 6. Prikaz načina postavljanja i fiksiranja Tektoseal Activ AC-a prilikom zaštite sedimenata od mogućih polutanata iz vode



Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

Prednosti primjene ovakvog sistema se ogledaju kroz: prilagodljivu upotrebu, mehaničku stabilnost, uniformnu debljinu aktivnog sloja, jednostavno postavljanje i uklanjanje, isplativost u poređenju sa ex-situ tretmanima polutanata, veliki izbor različitih tipova aktivnog uglja.

2.3. Tektoseal Active CP – Dugoročno upijanje teških metala

Tektoseal Active CP objedinjuje geotekstilne proizvode visokih performansi i prirodni kalcijum fosfat koji je sposoban da ukloni teške metale iz tla i vodnog tijela. Ovaj aktivni materijal je već korišćen pri sanaciji olovom zagađenog zemljišta na poligonima za građenje i za tretiranje kiselih drenaža rudnika. Nakon postavljanja ovakvog geokompozita došlo se do toga da zagađeno tlo predviđeno za izmiještanje može zadržati svoju poziciju budući da ne predstavlja dalji rizik za životnu sredinu.

Sanacija kontaminiranog područja se vrši tako što Tektoseal Active CP filtrira pornu vodu koja se razdvaja od zemljišta zagađenog teškim metalima ili radioaktivnim nukleidima sprečavajući na tako dalje zagađenje životne sredine. Na ovakav način vrši se pouzdano upijanje polutanata aktivnim slojem što doprinosi smanjenju nivoa postojećeg zagađenja, pri čemu bilo koje novo zagađenje drži zapečaćeno što bliže njegovom izvoru.

Glavne benefite Tektoseal Active CP-a predstavljaju: brzo upijanje zagađenja, velika apsorpciona moć aktivnog materijala, visoka dugoročna stabilnost upijajućeg mehanizma, pH neutralizacija porne vode koja funkcioniše kao fosforni izvor koji podržava prirodno obnavljanje sredine. Primjenjuje se kao filter kod otpadnog zagađenja, sanaciona mjera zagađenih gradilišta, kao i za prečišćavanje otpadnih voda infrastrukture (transportne trase, aerodromi).



Slika 7. Prikaz sastava Tektoseal Active CP sistema

Izvor: Enviromental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany

Prednosti ovog sistema leže u: uklanjanju teških metala iz tla i vodnih tijela, dovođenju pH vrijednosti tečnosti do vrijednosti 7, potpomaganju prirodne regeneracije zagađenog zemljišta, stabilnosti uz stalno vezivanje metala u periodu > 1000 godina.

Tabela 4. Karakteristike Tektoseal Active CP-a

TEKTOSEAL ACTIVE CP	
Funkcija	upijanje teških metala preko četiri mehanizma koji se međusobno ne isključuju
Zagađivači	olovo (Pb), uranijum (U), plutonijum (Pu), kadmijum (Cd), bakar (Cu), cink (Zu), stroncijum (Sr)
Specifična težina	aktivni sloj: 3,6 kg/m ²

Izvor: Enviromental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany

2.4. Tektoseal Clay - Visokoperformanski glineni sloj za zaštitu podzemnih voda, sanaciju zagađenih gradilišta i hidraulično inženjerstvo

Jednostavan, pouzdan i ekonomičan Tektoseal Clay je objedionio poslednja saznanja na istražnom i razvojnom polju i rezultat je kontinuirane dorade industrijski proizvedenih zaptivnih sistema. On predstavlja visokorazvijen, multi-komponentni sistem koji se sastoji od geosintetika koji sadrži granulirani natrijum bentonit. Ove komponente su dobijene specijalnom tehnikom pletenja koristeći najnoviju opremu za proizvodnju kako bi se ostvario homogeni zaptivni sloj čitavom dužinom pokrivača.



Slika 8. Prikaz sastava Tektoseal Clay sistema

Izvor: Enviromental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany

Specijalne tehnike koje se koriste za dobijanje Tektoseal Clay-a čine veoma racionalno i ekološki prihvatljivo rešenje. Ekstremno tanki pokrivač (< 10mm) ostvaruje minimum iste preformanse kao i konvencionalni glineni pokrivač. Štaviše, kontinuirano praćenje tokom procesa proizvodnje obezbeđuje konstantno visok i u potpunosti dokaziv nivo kvaliteta u konstrukciji. Tanki, homogeni, glineni pokrivač visokih performansi kombinuje brzo strukturno kontinuirano postavljanje sa izvanrednim vodootpornim karakteristikama. U odnosu na specifične gradilišne uslove dužina i širina rolni mogu da budu proizvedene tako da se minimiziraju gubici usled preklapanja.

Visok ugao unutrašnjeg trenja postiže se specijalnom preciznom tehnikom pletenja što dovodi do toga da finalni proizvod sveukupno ima veliku stabilnost čak i pod teškim opterećenjem. Optimizovane frikционе karakteristike i mala osjetljivost na slijeganja čine Tektoseal Clay idealnim za primjenu na strmim kosinama. Sledeća jedinstvena osobina je grubi pješčani premaz, opciono na jednoj površini ili na obje, naročito kod kritičnih gradilišnih nagiba, ovo nudi značajne prednosti nad standardnim modelima. Jednostavnost rukovanja sa proizvodom i upotreba granulisanog natrijum bentonita kombinuju se kako bi se došlo do jednostavne instalacije sa malim oslobađanjem prašine.

Primjena Tektoseal Clay-a uključuje manje zapremine iskopa i manje zahtijevne karakteristike materijala nego u slučaju primjene uobičajenih mineralnih košuljica. Ne samo da ovo čuva prirodne resurse već obično povećava i nosivost konačne konstrukcije. Velika hemijska otpornost ovog hemijskog proizvoda i dugovječnost bentonita obezbeđuju trajni učinak. Čak i manja mehanička oštećenja automatski popravljena enkapsulisanim glinenim materijalom sa visokim stepenom bubrenja. Dodatna sigurnost koju nudi ovaj samoizlječivi efekat predstavlja dalju prednost nad tradicionalnom membranom.

Prednosti koje nam donosi primjena ovakvog sistema su: smanjen nivo zemljanih radova, bolji efekat zaptivanja u odnosu na standardna mineralna rešenja, visoka smičuća čvrstoća ostvarena posredstvom preciznog procesa pletenja, jednostavno postavljanje uz nizak nivo prašine u cilju povećanja progressa na gradilištu, efekat samoizlječenja koji repariše neprimjetna minorna oštećenja.

Tektoseal Clay ima primjenu kod: zaštite podzemne vode (zaštite oblasti puteva u vodi, bazena za sakupljanje atmosfere vode, pejzažnih konstrukcija, aerodromskih konstrukcija, zaštite oblasti željeznica u vodi), zagađenih lokacija (sistema poklopnih košuljica, sistema donjih košuljica), hidrauličkog inženjerstva (brana i nasipa, odvodnih jarkova).

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega navedenog, a u cilju skretanja pažnje šire javnosti na to da ekološki prihvatljiva rešenja ne moraju uvijek biti skuplja u odnosu na klasična rešenja, želimo da prikazemo i uporedni kriterijum za ovakva dva sistema u materijalnom smislu. Naime, da bismo implementirali jedan ekološki prihvatljiv sistem u sistem kanaliziranja i odvodnje otpadnih voda sa puta neophodno je izdvojiti oko 15 €/m² ugrađenog sistema, što otprilike iznosi oko 2% ukupnih investicionih ulaganja, dok nam je za klasični zatvoreni sistem potrebno izdvajanje od oko 5-10% ukupnih investicionih ulaganja. To znači da na ovakav način izvedeno ekološki prihvatljivo rešenje može biti jeftinije i do 5 puta, što čini ovo rešenje povoljnim kod rekonstrukcija kako primarne tako i sekundarne putne mreže.

Pogodnosti pri usvajanju ekološki prihvatljivog rešenja imamo i u pogledu pojednostavljenja procesa izrade u odnosu na zatvoreni sistem. Osim toga održavanje, koje je bitan ali u današnjoj praksi i zanemaren faktor, se vrši na jednostavan način – samom vizuelnom inspekcijom utvrđuje se oštećenost ili iskorišćenost ugrađenih elemenata, dok se zamjena dotrajalih dijelova vrši njihovim prostim isijecanjem i ponovnim postavljanjem novog geokompozita na isijecanim pozicijama.

Literatura

-Za KNJIGE I MONOGRAFIJE:

- [1] Tehničko uputstvo o procjeni uticaja na životnu sredinu za putni sektor, JP „Putevi Srbije“ Beograd
- [2] Strategija razvoja i održavanja državnih puteva, Ministarstvo saobraćaja, pomorstva i telekomunikacije Crne Gore
- [3] Modernizacija i rekonstrukcija postojeće putne mreže Crne Gore 5 godina-77 projekata, Ministarstvo saobraćaja, pomorstva i telekomunikacije Crne Gore
- [4] Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany

PRIMJENA GEOSINTETIČKOG KOMPOZITA U CILJU SMANJENJA NEGATIVNIH UTICAJA OTEKLIH VODA SA KOLOVOZA – PRIMJER REGIONALNOG PUTA VIRPAZAR – MURIĆI

**Marijana Sjekloća¹ spec.sci.građ., Marija Kustudić¹ građ.teh., Milivoje Bulatović¹ bSC.građ.
Aleksandra Jovanović¹, dipl.prost.plan., Ivan Ševaljević¹, dipl.inž.građ.**

¹Društvo za promet i inženjerske usluge "Geotechnics Projects & Consulting" D.O.O. Podgorica, I proletherske 5, 81000 Podgorica; gpcmne@gmail.com

Rezime: *Negativne posledice naftnih derivata odražavaju se na prirodnu sredinu i s obzirom da se radi o ekološki zaštićenom području njihovom uticaju treba posvetiti posebnu pažnju. Rad ima za cilj implementaciju geosintetičkih kompozita tipa Tektoseal Active AS u cilju zaštite životne sredine od štetnih uticaja naftnih derivata. U okviru rada obrađene su mjere zaštite, primjena materijala, proces izvođenja kao i održavanje u toku eksploatacije.*

Ključne riječi: *zaštita životne sredine, geosintetički kompoziti, naftni derivati, putevi,*

APPLICATION OF THE GEOSYNTHETIC COMPOSITE FOR THE REDUCTION OF THE NEGATIVE INFLUENCE OF EXISTING WATER FROM A ROADWAY – EXAMPLE: THE REGIONAL ROAD VIRPAZAR – MURIĆI

**Marijana Sjekloća¹ spec.sci.građ., Marija Kustudić¹ građ.teh., Milivoje Bulatović¹ bSC.građ.
Aleksandra Jovanović¹, dipl.prost.plan., Ivan Ševaljević¹, dipl.inž.građ.**

¹Association of Transport and Engineering Services "Geotechnics Projects & Consulting" D.O.O. Podgorica, I proletherske 5, 81000 Podgorica; gpcmne@gmail.com

Abstract: *Negative consequences of petroleum products are reflected in the natural environment and given that this is an ecologically protected area, their impact should be given special attention. The paper aims to implement Tektoseal Active AS geosynthetic composites in order to protect the environment from harmful effects of petroleum products. In the framework of the work, measures of protection, material application, process of execution as well as maintenance during exploitation were processed.*

Keywords: *environmental protection, geosynthetic composites, petroleum derivatives, roads*

1. UVOD

Varoš na tri mosta-Virpazar, nastala je još u XIII vijeku kada se pored rječnog vira čunovima dolazilo na Pazar oko kog se kasnije formiralo naselje. Polovinom XIX vijeka varoš počinje da dobija urbani karakter i postaje najvažnija luka na Skadarskom jezeru povezana sa Barom prvo kolskim, a zatim i željezničkim putem prugom uskog kolosijeka. Zbog svog geografskog položaja, otvorenosti ka zaleđu i jezeru, Virpazar je danas administrativni, privredni i kulturni centar crmničkog regiona. U toku ljetnje turističke sezone posjećuje ga veliki broj turista koji su većinom ljubitelji prirode, nacionalnih parkova, kao i zaštićenih područja.

Prostornim planom Crne Gore, u značajnijim lokalnim centrima, među kojima je i Virpazar, koji su urbana, seoska ili turistička naselja, planira se podsticanje razvoja odgovarajućih uslužnih i snabdjevačkih funkcija. U cilju ostvarivanja bolje povezanosti među turistički atraktivnim lokacijama i ostvarivanja bolje infrastrukturne komunikacije među poljoprivrednim centrima naše zemlje vrši se i rekonstrukcija dionice Virpazar-Murići u dužini od cca 19,0 km. Rekonstrukcija predmetne saobraćajnice počinje približno nekih 50 metara nakon mosta u Virpazaru u pravcu rasta stacionaže. Postojeći put je širine 3,50 do 4,00 m, dok su postojeći geometrijski elementi puta ispod ograničavajućih - česte oštre krivine malih radijusa, nedovoljne preglednosti koje se pretežno javljaju jedna za drugom. Trup puta je uglavnom sa jedne strane usječen u stijenu, dok je sa druge ograničen zidom ili terenom u strmom nagibu.

Trasa se prostire kroz karakteristični stjenovitoviti materijal - leži na tri osnovna morfološka elementa: na kvartarnim aluvijalnim naslagama na dnu Crmničkog polja, na južnim i jugoistočnim padinama Velikog i Malog Humca sastavljenim od trijaskih konglomerata i na krečnjačkom bedemu koji se od Male Glave odvaja ka sjeveru i tone u naslagama Skadarskog jezera.

Osnovne hidrogeološke karakteristike u navedenim stijenama su različite. Aluvijalne naslage u dnu Crmničkog polja kategorisane su po tipu akvifera u terene sa akviferima izrazito različitih vrijednosti koeficijenta transmisibiliteta. U pogledu vodopropusnosti ove stijene spadaju u kompleks dobro vodopropusnih, koje se sastoje od pjeskova, šljunkova i glina. Krečnjački greben između Crmničkog polja i jezera koji djelimično spada u terene bez akvifera sa dobrom vodopropusnošću. Konglomerati Humca kategorisani su kao tereni sa akviferima veoma različite ali uglavnom visoke transmisibilitnosti, što je kompleks dobro vodopropusnih stijena.

2. CILJ I SVRHA REKONSTRUKCIJE

Kao što je već navedeno, Virpazar, kao i sam Nacionalni park "Skadarsko jezero" su lokaliteti od izuzetnog značaja za privredni i turistički razvoj Crne Gore. Pomenute oblasti posebno dobijaju na važnosti, kako u turističkom tako i u infrastrukturnom smislu usled buduće izgradnje jadransko - jonskog autoputa čija planirana trasa prolazi, između ostalog, kroz Opštinu Bar, čijoj teritoriji pripadaju razmatrane dionice.



Slika 1. Prikaz zone planirane trase jadransko-jonskog autoputa

Izvor: monteput.me

Jadransko - jonski autoput kao međunarodni infrastrukturni objekat omogućio bi kvalitetniju vezu između sedam država - Italije, Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Albanije i Grčke, odnosno postao bi najkraća veza zapadne Evrope sa njenim jugoistokom. To je veza koja obezbjeđuje prohodnost tokom čitave godine, zbog povoljnih klimatskih uslova. Ukupna dužina autoputa iznosi oko 1550 km, od čega oko stotinak kilometara prolazi kroz Crnu Goru. Usled ovoga putni pravac Virpazar - Murići koji predstavlja spomenik očuvane prirode će sigurno dobiti na značaju, a samim tim će doći do porasta saobraćajnog opterećenja kojem je izložen, te u skladu sa tim moramo djelovati pravovremeno u cilju smanjenja degradirajućih uticaja usled preopterećenja kako na samu saobraćajnicu, tako i na okolinu koja je okružuje.

Kako bi se zadovoljili neophodni geometrijski i funkcionalni elementi trase puta predmetnu saobraćajnicu je neophodno rekonstruisati tako da zadovolji sledeće uslove:

- predvidjeti $V_r = 50 \text{ km/h}$ (izuzetno $V_r = 30 \text{ km/h}$)
- širina kolovozne trake2x3,0m
- širina ivične trake betonske minimum0,25m
- širina rigole minimum0,50m
- širina bankine minimum1,00m
- širina berme minimum0,50m

Najznačajniji hidrološki objekat u okviru predmetne lokacije je svakako Skadarsko jezero koje se snabdijeva vodama iz rijeke, izvora i podzemnih vodnih resursa, a sa Jadranskim morem povezano je preko rijeke Bojane. Posebno interesantan podatak je taj da nivo vode jezera oscilira zbog dotoka iz rijeke Morače, a u kombinaciji sa ograničenim kapacitetom rijeke Bojane koja ispušta vodu u Jadransko more, tako da se oscilacije kreću u rasponu i do 5m. Pregledom industrijskih, prerađivačkih, servisnih i komunalnih zagađivača (koji su locirani na rijeci Zeti, Morači, Rijeci Crnojevića, uključujući i komunalne vode iz Vira) utvrđene su značajne promjene kvaliteta vode jezera. Kroz otpadne vode unosi se širok spektar polutanata - deterdženata, teških metala, bakterija, mineralnih ulja, masti, a pored toga kroz zemljište se profiltravaju teško razgradivi pesticidi i vještačka đubriva. Kada je riječ o zagađivačima okoline, ne smiju se izostaviti otpadne vode sa kolovoznih površina koje u kombinaciji sa naftnim derivatima štetno djeluju na prirodnu okolinu.

Obzirom na prirodu pojedinih planskih rješenja poput izgradnje, rekonstrukcije i povećanja turističkih kapaciteta i intenziviranja poljoprivrednih aktivnosti, što će neminovno uticati i na porast saobraćajnog opterećenja, te će u određenoj mjeri doći do promjena u ravnoteži jezerskog ekosistema. Zbog navedenog neophodno je da planska rješenja budu realizovana uz primjenu mjera prevencije i ublažavanja uticaja na vodene ekosisteme, odnosno potrebno je obezbijediti adekvatan tretman otpadnih voda, obzirom na to da će povećanje turističkih kapaciteta i intenziviranje poljoprivrednih aktivnosti i intenzitete saobraćaja povećati i pritisak na ovaj segment životne sredine.

Projektnim zadatkom predmetne dionice navedeno je da: "Pri izradi glavnog projekta Projektant treba da vodi računa o klimatskim, hidrološkim i hidrografskim parametrima kao što su padavine, temperatura, vjetrovi, magla, osunčanost i sl. Projektant, na osnovu ovih parametara treba da uradi konkretno tehničko rješenje evakuacije atmosferskih i otpadnih voda, sa kontrolisanim odvodom, a u cilju zaštite životne sredine i namjenskih površina." Iz navedenog se zaključuje da nije predviđeno tretiranje otpadnih voda, kao ni izrada Studije o procjeni uticaja, te se, budući da se radi o Nacionalnom parku, Projektant odlučio da zaštiti prirodu na ekološki prihvatljiv način odnosno za primjenu geokompozitnog materijala iz porodice geosintetika koji na racionalan način vezuje polutante i sprječava ih da dođu u kontakt sa jezerskom vodom.

Aktivni geokompoziti se koriste za upijanje polutanata na već zagađenim mjestima, kao i za sprečavanje eventualnog daljeg prodiranja zagađenja iz već kontaminiranog u nekontaminirani prostor. Za projekat rekonstrukcije regionalnog puta Virpazar – Murići od interesa je proizvod pod nazivom Tektoseal Active iz porodice geosintetika.

Zagađivači protiv kojih se bori Tektoseal Active su: arsen, živa, katran, kerozit, mineralna ulja, teški metali, radioaktivni materijali, TBT tributil mješavine, (PCB) polihlorovani bifenili, tečnosti nerastvorive u vodi (NAPL), isparljiva organska jedinjenja (VOCs), policiklični aromatični ugljovodonik (PAHs), trihlorobenzin (TCB).

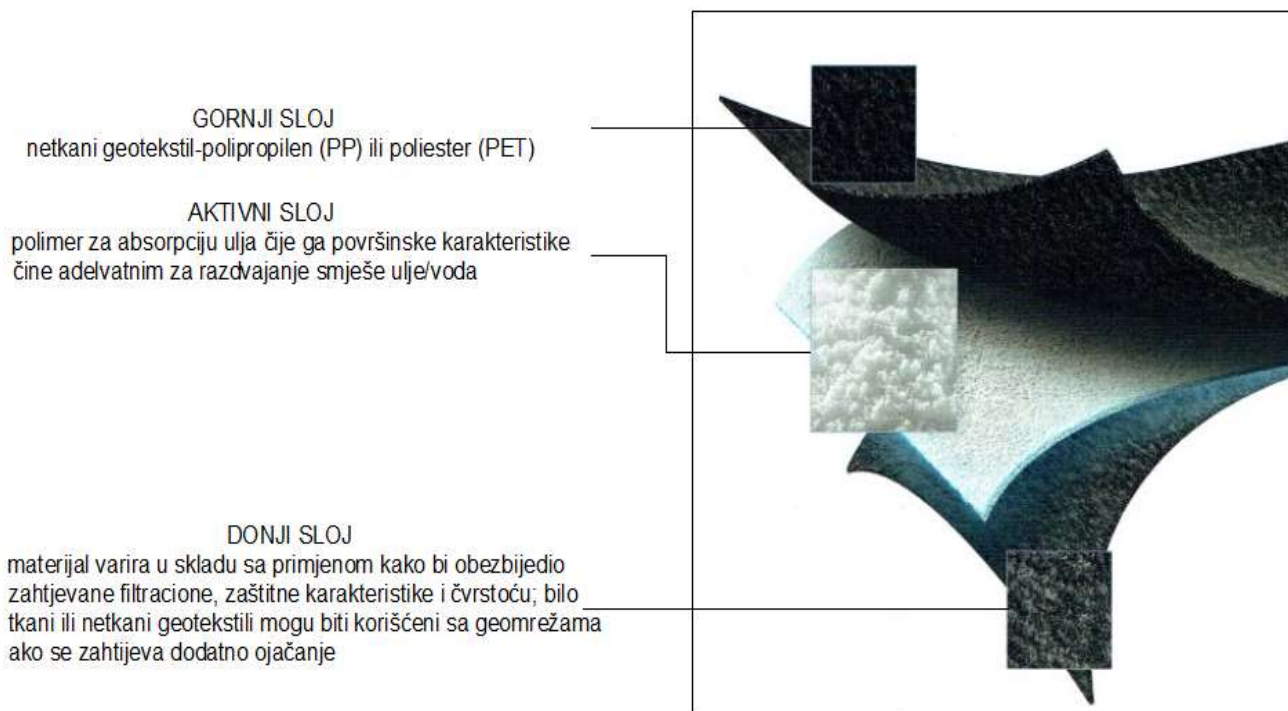
Tektoseal Active obuhvata grupu proizvoda: Tektoseal Active AS, Tektoseal Active AC, Tektoseal Active CP i Tektoseal Clay. Glavna razlika među proizvodima ogleda se u materijalu koji izgrađuje aktivni sloj, odnosno u načinu upijanja polutanata i vrsti polutanta koji se na ovaj način absorbuje.

PRINCIP FUNKCIONISANJA TEKTOSEAL ACTIV-A



Slika 2. Prikaz načina funkcionisanja Tektoseal Active sistema

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*



Slika 3. Prikaz sastava Tektoseal Active AS sistema

Izvor: *Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany*

Plutajući, tonući ili ekstra stabilni proizvodi mogu, na primjer biti dobijeni izborom odgovarajućeg geotekstila u procesu njihovog obrazovanja. Tipična primjena uključuje: postrojenja kao što su luke, gradilišta, pružne oblasti, aerodormi ili privremene benzinske stanice i parkinzi. Ovaj proizvod takođe pruža zaštitu u slučaju nezgoda koje se mogu javiti u saobraćaju (oslobađanje nafte, naftnih derivata, hemijskih jedinjenja) i u mnogim drugim situacijama

Tektoseal Active AS može da se koristi kao uljna barijera u pružnim ležajevima, ispod privremenih parking područja i privremenih pumpi, kao zavjesa za upijanje ulja u vodi, kao upijajući madrac u radionicama i prostorijama za održavanje mašina, kao i na gradilištu u fazi izgradnje, i kao uljna barijera za saobraćaj, transport i industrijske nezgode.

PRIMJENA SISTEMA KAO ULJNE BARIJERE KOD PRUŽNIH LEŽAJEVA



PRIMJENA SISTEMA KAO BARIJERE KOJA RAZDVAJA KONTAMINIRANO I NEKONTAMINIRANO PODRUČJE



Prednosti Tektoseal Active AS-a:

- (a) visokoupijajući madrac za absorpciju ulja sa visokom mehaničkom čvrstoćom
- (b) jednostavno postavljanje i uklanjanje
- (c) jednostavno sječenje koje omogućava prilagođavanje uslovima na gradilištu u pogledu dimenzija-mogu se kidati komadi različitih dimenzija
- (d) može biti dizajniran tako da pluta ili tone

Slika 4. Primjena i prednosti Tektoseal Active AS sistema

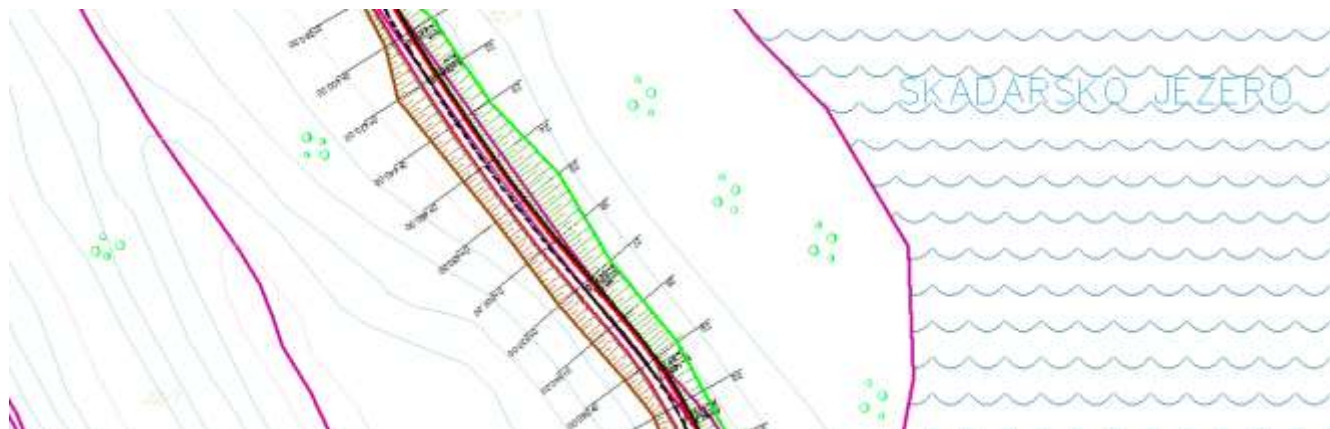
Izvor: Enviromental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher,Germany

Tabela 1. Karakteristike Tektoseal Active AS-a

TEKTOSEAL ACTIVE AS	
Funkcija	upijanje ulja
Zagađivači	ulje, dizel, petrol, gorivo za mlazne motore
Kapacitet upijanja ulja	1 m ² upija i do 7 litara ulja
Oslobađanje ulja pod opterećenjem	0% pod opterećenjem od 0,1 bar
Sposobnost plutanja sa netkanim polipropilenima	≥ 99% i u uljem zasićenom i u nezasićenom stanju
Sertifikat	ovlašćeni upijač ulja u Njemačkoj

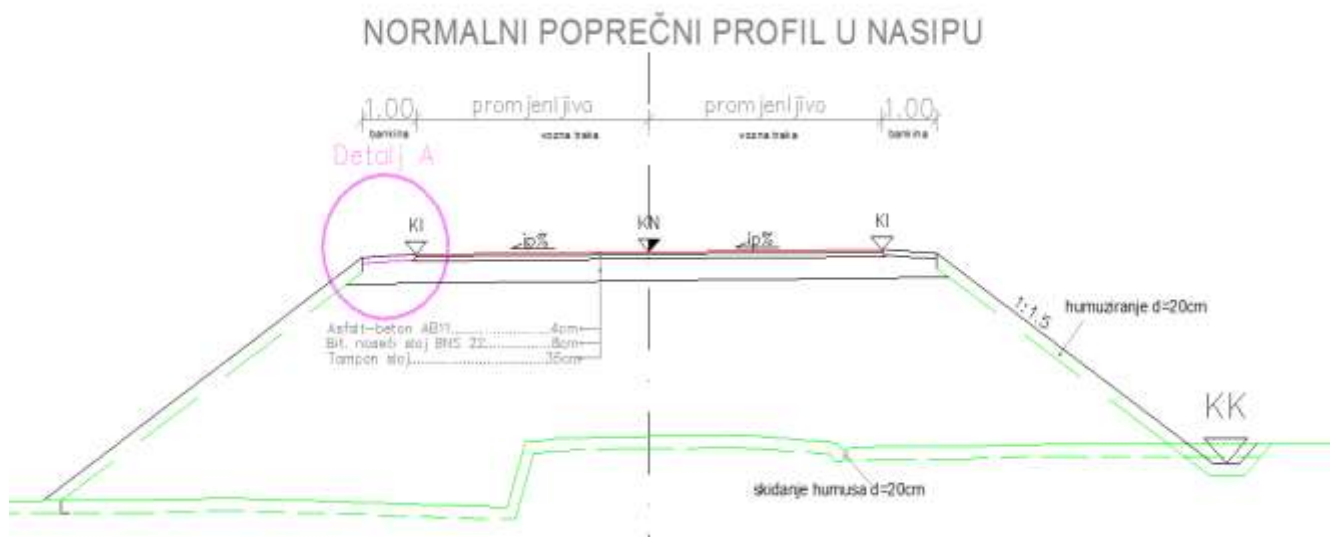
Izvor: Enviromental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher,Germany

Tektoseal Active AS objedinjuje visoke performanse upijajućih polimera i mehaničku stabilnost geotekstila. Osim proširenja područja primjene i produženja životnog vijeka sastavnog polimera, finalni geokompozit može se lako adaptirati kako bi ispunio izazovne zahtjeve specifičnih projekata. Analizirajući sve karakteristike navedenog materijala prepoznaje se širok spektar njegove primjene u putogradnji u cilju zaštite prirodne sredine i prečišćivanju atmosferskih voda oteklih sa kolovoza. S obzirom na to implementirana je njegova primjena u ovom projektu budući da je cilj bio formirati sistem prečišćavanja procjednih voda sa kolovoza koji će zamijeniti klasični zatvoreni sistem, koji će biti ekonomičniji i jednostavniji za primjenu.



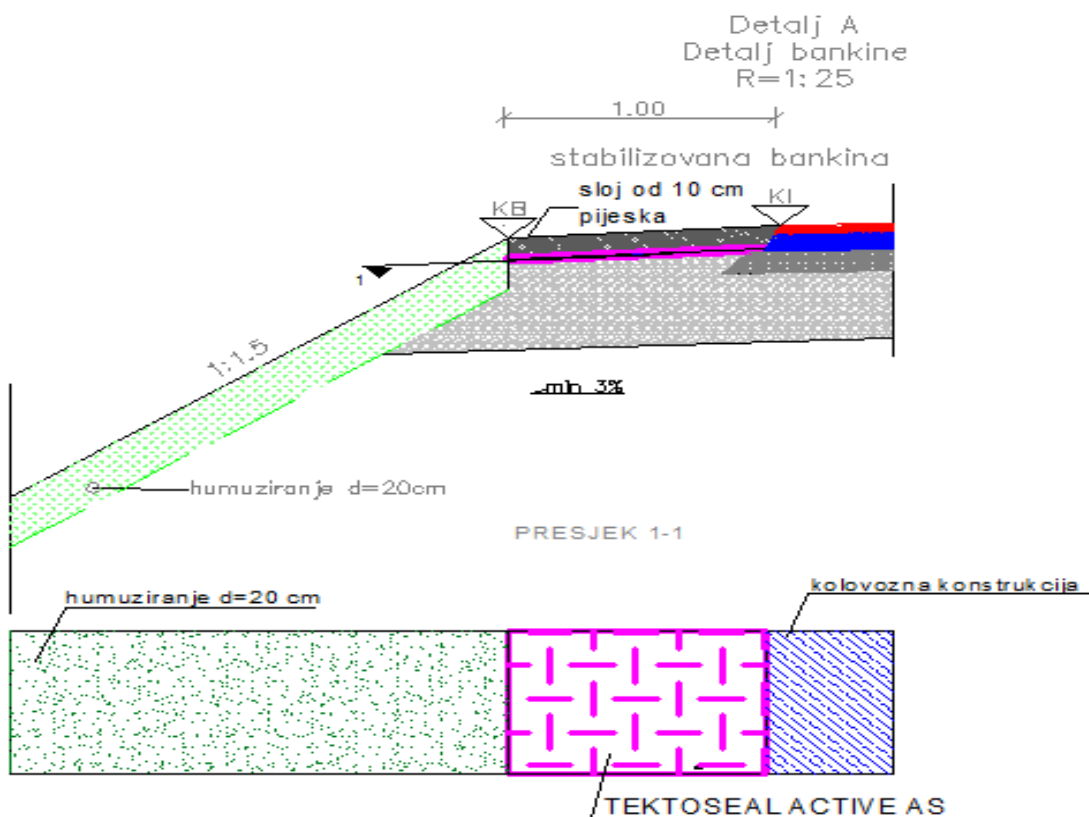
Slika 5. Situacioni plan puta Virpazar – Murići
Izvor: Detalj iz projektne dokumentacije

Razmatrajući sve karakteristike Tektoseal-a Active AS pronađena je primjena navedenog materijala kao materijala koji će se postavljati preko bankine, u širini od jednog metra, što iznosi projektom predviđenu širinu bankine. Preko položenog Tektoseal-a predviđen je sloj pijeska u debljini od 10 cm, mehanički stabilizovan do potrebne zbijenosti. Na ovaj način Tektoseal se štiti do UV zračenja, vjetrova, od mehaničkih i drugih mogućih oštećenja, čime je ujedni i fiksiran za podlogu. Ovim su omogućene sve potrebne funkcije bankine. Kako funkcionalne u pogledu funkcionalnih elemenata puta tako i prijem atmosferskih voda sa kolovoza, i istovremeno uz pomoć Tektoseal-a Active AS procjeđivanje tih voda.



Slika 6. Normalni poprečni profil u nasipu sa detaljom postavljenog geotekstila u bankini
Izvor: Detalj iz projektne dokumentacije

Tektoseal se postavlja na prethodno primremeljenu podlogu – sloj nasipa, tako da se obrazuje preklap između susjednih traka koji se spaja. Duž preklopa se vrši osiguranje malim gomilama materijala za nasip, na svakih 1 do 2 m, kako ne bi došlo do pomjeranja. Spajanje geotekstila vrši se šivenjem, i to tako da se oni krajevi koji se spajaju postavljaju licem prema licu i savijaju u širini od 100 mm, s tim da šav ide paralelno sa ivicom spojenih površina na rastojanju 50 mm od ivice. Čvrstoća šava mora da iznosi 50 % čvrstoće na istezanje samog tektosila. Po završenom spajanju, tektosil se pokriva slojem šljunka krupne granulacije.



Slika 7. Detalj postavljenog Tektosea Activ AS u bankini

Izvor: Detalj iz projektne dokumentacije

Glavna prednost Tektoseal Active AS-a je njegova jednostavna upotreba. Budući da se nabavlja u rolnama lako ga je postaviti. Rolne se mogu poručiti u potrebnoj širini, pri čemu je, za sada, maksimalna širina rolne koja se proizvodi 2,20 m. Posle istovara rolni na gradilištu, potrebno je provjeriti njihovu količinu, kao i da li odgovaraju tehničkim specifikacijama datim u projektu. Najvažnije je obezbijediti zaštitu tektosila od oštećenja prije njegovog ugrađivanja. Pošto proizvod stiže upakovan u fabričku zaštitu, potrebno je provjeriti da li je ona oštećena i ukoliko ima oštećenja, treba ih popraviti. Posebno je važno da se tektosil zaštiti od dejstva ultraljubičastog zračenja i od vlage. Takođe je potrebno tektosill čuvati od prljanja blatom, jer se onda umanjuju njegova filterska svojstva. Ukoliko se tektosil ošteti, oštećene djelove ukloniti. Na gradilištu rolne geotekstila moraju biti raspoređene tako da se mogu pregledati i uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja. Na terenu se pored opšteg pregleda kontroliše masa po jedinici površine, sa tačnošću do 10 g/m².

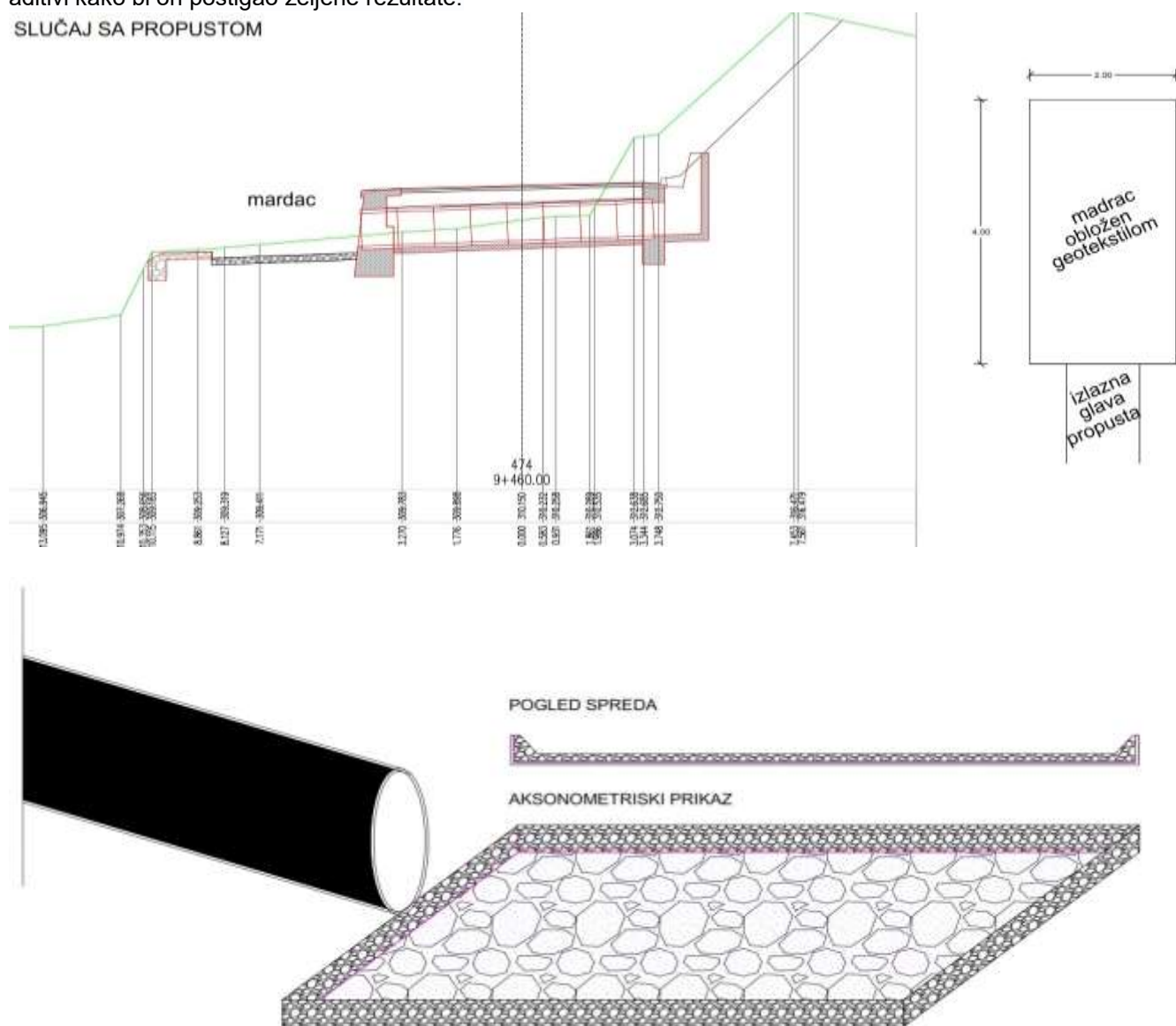
Svaka rolna mora da ima sljedeće podatke:

- ime proizvođača
- komercijalni naziv
- metoda proizvodnje
- sirovinski sastav
- masa po jedinici površine
- nominalna debljina
- dimenzije i težina proizvoda u rolni

Prednosti Tektoseal Active AS su: visokoupijajući madrac za apsorpciju ulja sa visokom mehaničkom čvrstoćom; jednostavno se postavlja i uklanja, tako da je veoma pogodan za korišćenje; jednostavno sječenje kako bi se prilagodio dimenzijama na gradilištu.

Sledeća primjena ovog materijala, što je ranije i napomenuto, je u formiranju sistema za prečišćavanje atmosferskih voda sa kolovoza i to na mjestu izlazne glave propusta, s tim što smo za takvu poziciju predvidjeli postavljanje geosintetika u gabionski koš kako bi se obezbijedila njegova dodatna stabilnost. Predviđeno je formiranje madraca kroz koji će se voda procijeđivati, i tako prečišćena isteći u prirodnu sredinu. Koš širine 2 m i dužine 4 m se oblaže tektosilom, zatim se formira madrac sa ispunom od kamenog materijala. Ovim se postiže zaštita geotekstila od štetnog zračenja kao i fiksiranje istog za predviđeni koš madraca. U slučaju dužih škarp nasipa i kada je madrac potrebno predvidjeti na većoj udaljenosti od izlazne glave propusta geotekstil se može obezbijediti ankerima koji sa nasipom ostavaruju vezu pomoću epoksi-maltera - trokomponentnog proizvoda, maltera na bazi epoksi smole kao veziva. Mogućnost aplikacije kako pri izgradnji, tako i pri sanaciji industrijskih objekata. Otporan je na naftu i naftne derivate, morsku vodu, prehrambene artikle i sl. Ne treba ga izlagati koncentrovanim neorganskim kiselinama i bazama. Prije ugradnje maltera nanosi se epoksi prajmer. Ugrađen proizvod je hemijski inertan i neisparljiv. U zavisnosti od stanja na terenu ovakvom malteru se mogu dodati različiti aditivi kako bi on postigao željene rezultate.

SLUČAJ SA PROPUSTOM



Slika 8. Detalj postavljenog Tektoseal Activ AS za slučaj sa propustom i madrac
Izvor: Detalj iz projektne dokumentacije

Značajna prednost ovog sistema, osim u toku eksploatacije što obezbijuje zaštitu prirodne sredine u kontinuitetu od štetnog dejstva naftnih derivata prilikom saobraćaja je i u slučaju akcidenata. Naime, u slučaju akcidentne situacije, tipa izlivanja nafte, ulja, maziva ili sličnog iz vozila Tektoseal Active AS će upiti štetne supstance i spriječiti njihovo dalje širenje. Tektoseal Active AS ima mogućnost upijanja i do 7 l po m² naftnih derivata i ulja. Što će u datoj situaciji ako ne u potpunosti sanirati onda itekako umanjiti ekološku katastrofu.

Glavna prednost Tektoseal Active AS-a je njegova jednostavna upotreba. Budući da se nabavlja u rolnama lako ga je postaviti i kad izvrši svoju funkciju, odnosno kad ne može da upije više polutanata ukloniti ga i deponovati na otpad. Održavanje geotekstila tokom eksploatacije, što je bitan ali u današnjoj praksi i zanemaren faktor, se vrši na jednostavan način – samom vizuelnom inspekcijom utvrđuje se oštećenost ili iskorišćenost ugrađenih elemenata. Time se utvrđuje da li je došlo do zasićenja materijala i da li tektosil obavlja svoju funkciju apsorbovanja štetnih materija. Zamjena dotrajalih djelova vrši njihovim prostim isijecanjem i ponovnim postavljanjem novog geokompozita na isiječenim pozicijama.

3. ZAKLJUČAK

Ovim radom predstavljen je inovativni materijal, prikazane su njegove karakteristike i mogućnosti primjene kao efikasne alternative klasičnim ustaljenim projektanskim rješenjima. Na osnovu svega navedenog, a u cilju skretanja pažnje šire javnosti na to da ekološki prihvatljiva rješenja ne moraju uvijek biti skuplja u odnosu na klasična, prikazan je i uporedni kriterijum za ovakva dva sistema u materijalnom smislu. Naime, za implementaciju jednog ekološki prihvatljivog sistema u sistem kanalisanja i odvodnje otpadnih voda sa puta primjenom Tektoseal Active AS neophodno je izdvojiti oko 15 €/m² ugrađenog sistema, što otprilike iznosi oko 2% ukupnih investicionih ulaganja. Dok je za klasični zatvoreni sistem potrebno izdvajanje od oko 5-10% ukupnih investicionih ulaganja.

Što u ovom slučaju konkretno znači da za saobraćajnicu dužine 19 km i okvirne cijene koštanja od 800.000,00 eura po kilometru izgrađenog puta, na zatvoreni sistem odvodnjavanja otpada oko 40.000,00 eura po kilometru izgrađenog sistema. Dok bi za izgradnju sistema kanalisanja i odvodnje otpadnih voda sa puta primjenom Tektoseal Active AS neophodno je izdvojiti oko 16.000,00 eura po kilometru izgrađenog sistema.

To znači da na ovakav način izvedeno ekološki prihvatljivo rješenje može biti jeftinije i do 5 puta, što čini ovo rešenje povoljnijim kod rekonstrukcija kako primarne tako i sekundarne putne mreže.

Literatura

-Za KNJIGE I MONOGRAFIJE:

- [1] Strategija razvoja i održavanja državnih puteva, Ministarstvo saobraćaja, pomorstva i telekomunikacije Crne Gore
- [2] Prostorni plan područja posebne namjene za Nacionalni park "Skadarsko jezero"
- [3] Modernizacija i rekonstrukcija postojeće putne mreže Crne Gore 5 godina – 77 projekata, Ministarstvo saobraćaja, pomorstva i telekomunikacije Crne Gore
- [4] Environmental Engineering brochure, Specialized Tektoseal Active seminar in Gescher, Germany

SLOPE STABILIZATION SYSTEMS WITH HIGH-TENSILE STEEL MESHES TESTED IN FIRST LARGE SCALE FIELD TEST APPLICATION

Corinna Wendeler¹ & Vjekoslav Budimir²

¹ CTO Geobrugg Group, Geobrugg AG, Switzerland corinna.wendeler@geobrugg.com ² Geobrugg AG Representative Office Croatia vjekoslav.budimir@geobrugg.com

Abstract: The climate changes leads to weather and climate extremes what could causes slopes instability and landslides. The slopes stability is an important issue of geotechnical engineering. The design and the execution have to assure maintenance-free and the safety. One of the most frequently chosen methods is the nailing in combination with flexible facing. The flexible facing is typically represented by high-tensile steel wire mesh. In order to assure proper slope stabilization, the nails and the flexible facing have to act as one integrated system. Such system has been tested in large scale within this R&D project supported by Swiss Institute for Technology and Innovation. The large-scale setup consisted of a large box (12x10x1.2m), soil material, nails, high-tensile steel wire mesh, steel plates, connection clips and boundary ropes. The entire setup was lifted up on one side. While lifting the box up several measurements were taken (e.g. tension forces and bending momentums in the nails or mesh deformation). In total 31 field tests were conducted, at first to check the testing setup and later to test the interactions among system components, using different arrangement and configurations.

Keywords: slope stabilization, flexible facing system, Tecco[®], Ruvolum[®], large-scale slope test, high tensile strength mesh.

1. INTRODUCTION

Surficial slope stabilization using flexible facings has been in use in the World for more than 30 years. Firstly, the slope surface was stabilized using wire rope nets, gabion meshes or erosion control mats. Rather than using global safety calculations, problems with local, surficial instabilities were usually solved based on the rule of thumb. In such cases, the choice of facing, nail type and nail pattern was dictated by the intuition of an engineer and was not supported by any kind of geotechnical design. That situation changed about two decades ago when the dimensioning concept for shallow slope instabilities was developed. Nowadays, the dimensioning concept is available as an tool that makes the calculations easier and faster. Lately, the dimensioning concept was verified in series of large-scale tests in the frame of research and development project founded by Swiss Commission for Technology and Innovation (CTI). The large scale tests allowed also the development of new flexible facing systems.

2. FLEXIBLE FACING SYSTEMS

The flexible facing systems are always combined with soil nailing. In general, the flexible facing system is a composite of three steel elements: wire mesh, back plates and connection clips. The mesh tightly covers the slope surface and takes the entire load from sliding soil mass and transmits it through the steel plate to the anchorage system. Since the performance of the whole system depends directly on the connection between the mesh and the plate, there is a lot of attention given to make this connection as efficient as possible. The most important strength characteristics of flexible facing systems, utilized also in dimensioning concept, are puncturing resistance on the upper edge of the spike plate and shearing resistance on the contact between the mesh and the plate.

The elements of flexible facing systems used within the frames of this research project are standard components of the TECCO[®] system: three different meshes, two different plates and one, unified type of connection clip. The mostly used mesh is a diamond-shaped chain-link mesh with aperture of 65mm. The mesh is produced out of 2, 3 and 4 mm high tensile steel wires (1,770MPa). The steel plates are produced in two types: P33 (330×205×7mm) and P66 (667×300×7mm), Table 1.

Table 1. Puncturing and shearing-off resistance of meshes and plates combined in flexible facing systems investigated within research project

Mesh	Wire diameter (mm)	Plate type	Puncturing resistance (kN)	Shearing-off resistance (kN)
G65/2	2	P33	40	10
G65/3	3	P33	90	30
G65/3	4	P33	140	50
G65/4	4	P66	185	75

3. DIMENSIONING OF FLEXIBLE FACINGS

3.1. Dimensioning concept

The dimensioning concept, widely described in Cala et al. (2012), is a simplified method for calculation of surficial slope stabilization, based on limit equilibrium method. The first assumption is that all the soil nails are installed in regular rhomboidal pattern (Figure 1). The dimensions of the rhomb created by the nails are $a \times 2b$, where a is the horizontal nail distance and $2b$ is the distance between next nails in the line of the slope. The dimensioning concept assumes two kinds of failure surficial mechanism. The first mechanism assumes that the whole surficial layer, parallel to the slope surface, slides down the slope. The second mechanism assumes that there is single-body or two-body wedge-like failure mechanism.

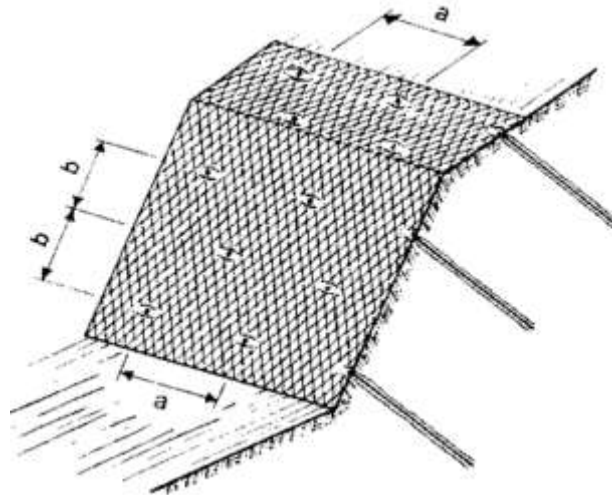


Figure 1. Arrangement of soil nails in regular rhomboidal pattern.

The thickness of an unstable soil layer varies usually between 0.5 and 2.0 m, and it is either indicated by slope investigations or assumed based on engineer's experience, described in 'TECCO Slope Stabilization System', Summary of Published Technical Papers 1998–2011. The dimensioning concept investigates the equilibrium of the soil body and the limit states of flexible facing systems and the soil nails, based on 2D geometry considering the failure condition of Mohr–Coulomb. In such cases, five so-called proofs of bearing safety have to be checked. The proofs of bearing safety that have to be checked depend on the type of failure mechanism. In case of slope-parallel instabilities; the proofs of safety are: 1) proof of the nail, against sliding-off, a superficial layer parallel to the slope; 2) proof of the mesh against puncturing; 3) proof of the nail to resistance of the nail to combined stress. In case of localized instabilities between the nails, the proofs that have to be checked are: 4) proof of the mesh against puncturing force P on the upper edge of the plate; 5) proof of the mesh to selective transmit of the force Z into the nail (Figure 2).

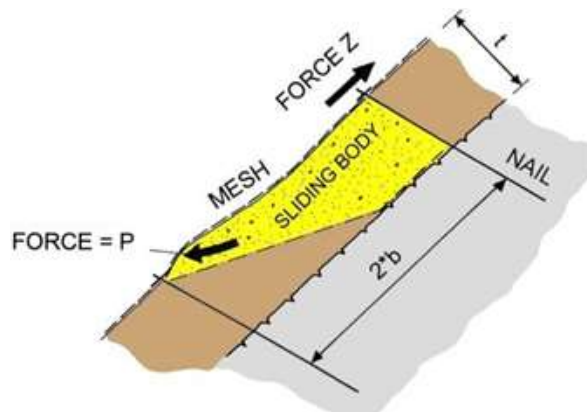


Figure 2. The schematic two-body wedge-like failure mechanism with deformation of the mesh, puncturing force P and shearing-off force Z .

The last two proofs of safety are the most important ones from the perspective of flexible facing system. In such a situation, an unstable soil mass is sliding down the slope, creating deformations above the lower nail and pushing on the upper edge of the spike plate fastened on this nail. At the same time the mesh is being tensioned and pulled down on the upper nail in the same cross-section. Figure 2 presents schematic the two-body wedge-like failure mechanism with deformations, puncturing P and shearing-off Z shown in the Figure 2. Either the P and the Z values play an important role in the whole dimensioning concept. It is not possible to reduce the concept to a small scale size, like the tension force of the mesh for example which easily can be proofed by a small scale lab test of the mesh with a tensioning machine. But the total system interaction with plate, soil and flexible system resulting in a force on the mesh by the plate leading to the P and Z values can only be determined by a large scale experiment as close as possible to nature.

3.2. Dimensioning tool

The online dimensioning tool is basically a digitalized version of previously described dimensioning concept. With use of a tool one can easily enter and change all the parameters needed to properly calculate the stability of surficial soil layer. These parameters are as follows: soil properties, slope angle, thickness of the surficial layer, type, inclination and pattern of the soil nail and of course type of the flexible facing system. Additionally, one can consider external loads of earthquake and streaming pressure. The calculations can be adapted to appropriate standards by changing the values of safety factors.

4. LARGE SCALE TEST

In total, 31 large-scale tests were conducted within the testing period between 2012 and 2014 in a quarry in Winterthur, Switzerland (Baraniak et al. 2014). The main goals of large-scale tests were: a) increasing knowledge about the behavior and the interaction of soil and flexible facing; b) checking the reliability and validation of the assumptions of the dimensioning concept; and, c) verification and confirmation of puncturing and shearing-off bearing resistances of flexible facing systems, based on test site observations and back calculations.

Initial experiments of the test period allowed for observation and optimization of the test setup, testing procedure and data acquisition method. After optimization of the test setup the following experiments were conducted in a repetitive way to guarantee reliable and comparable experimental results. All individual experiments were conducted until the limit state of flexible facing was reached. The test setup was an artificial slope represented by a large-scale inclinable steel frame ($12 \times 10 \times 1.2$ m), (Figure 3) which could be raised on one side by the crane in order to simulate the slope angle. In order to analyze the behavior of flexible facing systems in different soil conditions, two soil materials with different strength parameters were chosen. Both soils were classified according to Unified Soil Classification System (USCS). The first soil is classified as poorly graded gravel (GP) and it is a mixture of 16 mm and 32 mm diameter grains with internal friction angle of 33 degrees.



Figure 3. Test setup before the rupture of flexible facing

Most of its grains are rounded and therefore the soil is called round gravel. The second soil is classified as poorly graded gravel with silt (GP-GM) with grain size between 0 and 63 mm, and internal friction angle of 38°. To keep the soil material inside the frame, its inner side was faced with wooden planks.

The nails used in tests were represented by threaded steel bars (\varnothing 32 mm), encased by a corrugated PVC tube (\varnothing 100 mm) and cemented to simulate the construction conditions. The nails were installed in the box in regular rhomboidal patterns of 2.5×2.5m, 3.0×3.0m and 3.5×3.5m. Some of the nails were equipped with strain gauges. All the nails were fixed to the steel frame with steel foot plates. Note that the measured stresses in the nails were quite similar, from place to place into the elements equipped with strain gauges.

The inclination of the test setup was measured constantly in order to have one reference scale for comparison. The inclination was measured with an electrical inclinometer, with measuring resolution $\leq 0.14^\circ$ and possible measuring range 0° – 360° . The deformation of the flexible facing systems, were measured at every inclination step (0° , 30° to 85° in every 5°) by pulse laser scanner. In order to avoid errors in the measurements the maximum deformation value was defined as the maximum deformation of an area of at least 0.25m^2 . The horizontal and vertical angular resolution of the laser scanner was set to 0.02° , resulting in a density of 2×10^4 points/ m^2 at 20 m distance and 1×10^4 points/ m^2 at 30 m distance and the accuracy of measurement of 7 and 10 mm, respectively.

5. TEST RESULTS

This section presents the comparison of results achieved from the calculations in dimensioning concept and the large-scale tests. The most quantitative and reliable unit for such comparison is the failure inclination of slope. In case of the dimensioning concept, the failure inclination of the surficial slope means that one or more of proofs of bearing safety of flexible facing are not fulfilled. On the other hand, in case of tests, the failure means that the flexible facing got ruptured around the anchor heads as expected and the test could not be continued. Ground failure (soil) without reinforcement occurs, when the value of angle of internal friction is overcome.

All calculations with the software were done using the same mesh types, soil strengths and nail patterns as used within large-scale tests. Moreover, the calculations were done with all safety and partial factors (cohesion, friction angle, positive and negative loading, etc.) set to 1.0 (means breaking level). Since the thickness of the test setup was 1.20 m, the same thickness of the soil layer was assumed.

Figures 4 and 5 represent the failure inclination depending on puncturing resistance of the flexible facing, tested and calculated with nail pattern 3.0×3.0m and 3.5×3.5m, respectively. The solid lines represent the inclination values calculated with online tool, while the dashed lines represent the inclination slope measured during tests. Due to lack of information from the tests in round gravel with 3.5 × 3.5 m nail pattern, the failure inclination values were partly predicted.

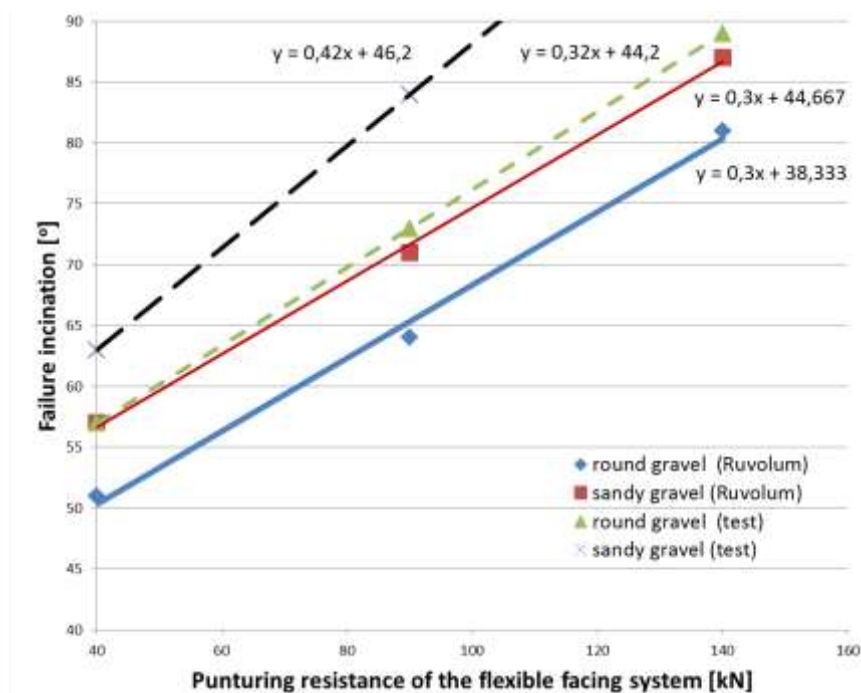


Figure 4. Tests and calculations with nail pattern 3,0 x 3,0 m.

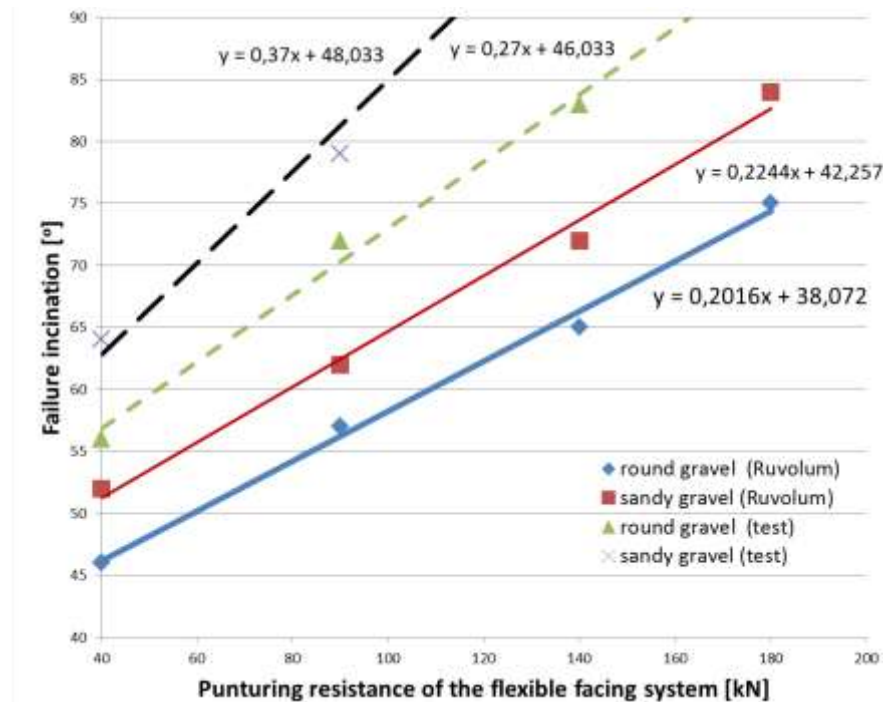


Figure 5. Tests and calculations with nail pattern 3,5 x 3,5 m.

The difference in the failure inclination between measured and computed values increases always together with the strength of the flexible facing. Figure 4 shows that the difference between calculated and measured values of failure inclination, with nail pattern 3.0×3.0 m, rises from 9 to 11% and 8 to 13% in the cases of testing of round gravel and sandy gravel, respectively. On the other hand, in the trials with 3.5×3.5m nail pattern, the difference between calculated and measured values varies between 16 to 22% and 18 to 25% in case of round gravel and sandy gravel, respectively (Figure 5). These differences are mainly associated with some simplifications and model hypothesis, for example, the interaction between the mesh and nails is not considered. The model, although describes adequately the phenomenon, is slightly conservative, respect to the reality.

In order to analyze the load bearing capacity and deformation behavior of flexible slope stabilization systems, laser scans at a steel frame inclination of 60° (common road slopes) are compared with one another in the following. Figure 6 shows the measured deformation of a TECCO® G65/4 type high-tensile steel wire mesh with spike plate P66 with round gravel and a nail grid of 3.5×3.5m with GEWI ø 32mm nails, the maximum value of the deformation observed is 0.5m. Figure 7 shows the same situation with the same spike plate and nail arrangement as well as the same soil material. The only different is the mesh. Instead of a high-tensile steel wire mesh with a longitudinal tensile strength at least 250 kN/m and a wire diameter of 4 mm, a high-tensile steel wire mesh with the same mesh size but with a wire diameter of 3 mm and a tensile strength of at least 150kN/m was used, in this case the maximum value of the deformation observed is 0.55m. The stronger mesh is somewhat stiffer under the same conditions. It is subject to less deformation and the soil material slides downwards to a lesser degree.

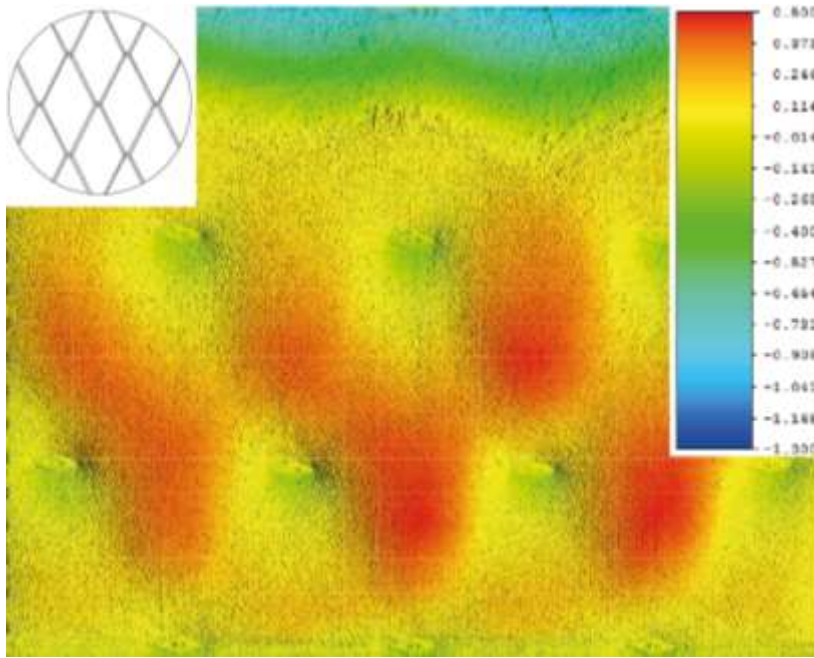


Figure 6. Test No. 12, measured deformation (m) of the TECCO® mesh (m) G65/4 + P66, nail grid 3.5×3.5m, round gravel 16–32 mm, $\alpha = 60^\circ$.

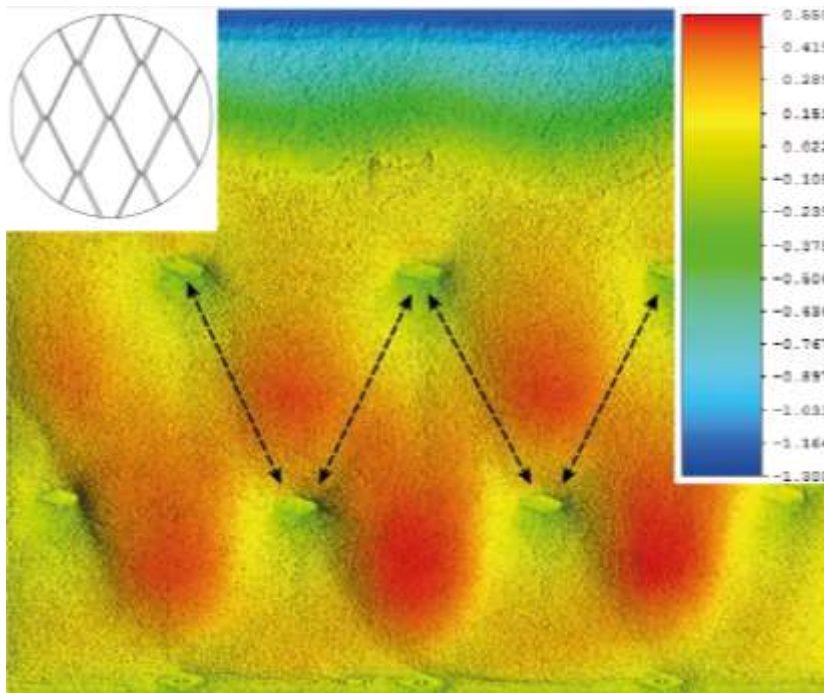


Figure 7. Test No. 14, measured deformation of the mesh (m) TECCO® G65/3 + P66, nail grid 3.5× 3.5m, round gravel 16–32 mm, $\alpha = 60^\circ$ dashed lines shows, that the horizontal offset nail, contribute to the rational transmission of force from nail to nail.

If you compare Figure 6 with Figure 7, becomes clear: On the one hand, smaller spike plates are used (33 cm wide spike plate, type P33 instead of 66 cm wide spike plates, type P66). On the other, a high-tensile steel wire mesh is used with a wire diameter of 2 mm and a longitudinal tensile strength at least 65 kN/m. The stabilizing lateral influence of a smaller spike plate is weaker than with a larger one with sufficient bending stiffness. Furthermore, a somewhat weaker mesh under the same limiting conditions is somewhat more stressed, which becomes clear due to somewhat larger deformations with a wider bulge which slides downwards to a larger degree. In this last example, the maximum value of the deformation observed is 0.64 m.

Creating troughs makes it possible to actively stretch the mesh. The geometry in conjunction with the transmission of force from the mesh to the anchoring system also plays an important role. If horizontal nail

distance “a” is set to be identical to nail distance in fall line “b”, a field of “a × 2b” is stretched between the nails. When observing the transmission of force from nail to nail (Figure 7), it becomes clear that it follows the mesh geometry. Supported by the most direct force distribution possible, this fact has a positive effect on the load bearing capacity and deformation of such flexible systems.

6. VERIFICATION OF RUVOLUM® CONCEPT

The RUVOLUM® dimensioning concept (Rüegger et al. 2000) was developed on the basis of many years of experience. The large-scale tests make it possible to examine the theoretical model approach and the underlying assumptions under quasi-realistic conditions. Figure 8. shows a two-body sliding mechanism which is trying to slide out between the nails and is prevented by the mesh cover and nails (Rüegger et al. 2000).

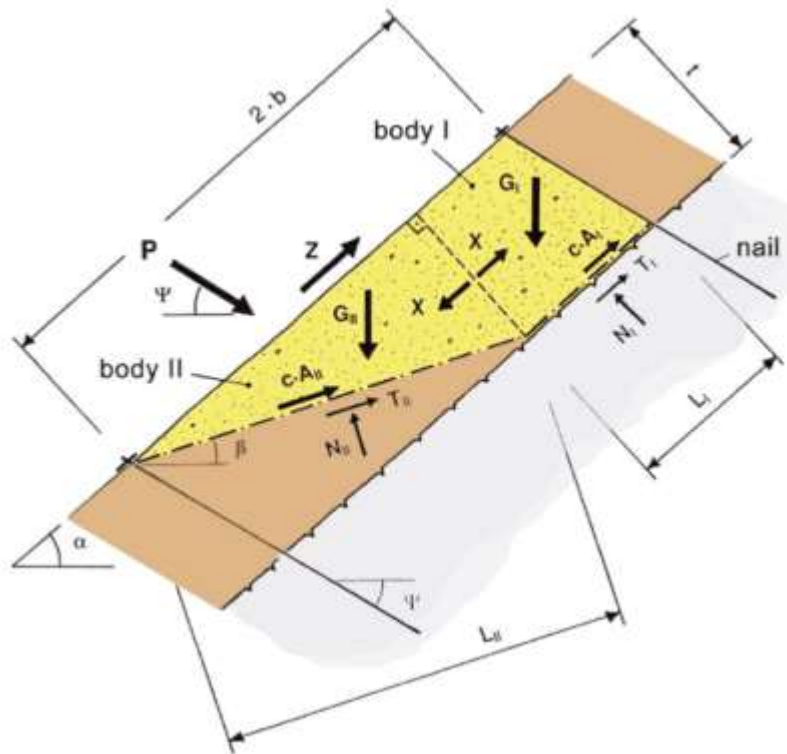


Figure 8. Two-body sliding mechanism in the examination of instabilities near the surface in accordance with the RUVOLUM® concept.

For the back-calculation, the results of large-scale tests No. 11 (Figure 9) using TECCO® G65/3 steel wire mesh, in combination with type P33 spike plates and type GEWI \varnothing 32mm nails, with a rusting away of 4 mm on the diameter, are to be used as an example. The first superficial movements in all the area can be observed at an inclination of $\alpha = 53^\circ$ (Figure 9, left). The mesh was then punctured at $\alpha = 80^\circ$ (Figure 9, right). If the flexible slope stabilization system used in test No. 11 is modelled using the RUVOLUM® software in accordance with EUROCODE 7 (recommends a partial safety factor: for the internal friction angle and the cohesion till 1.25, and for the model uncertainty till 1.10), a maximum slope incline of $\alpha = 50^\circ$ results.



Figure 9. Test No. 11 TECCO® G65/3 + P33, nail grid 3.5×3.5m, sandy gravel 0–63 mm, $\alpha = 53^\circ$, first superficial movements (left) and at failure at $\alpha = 80^\circ$ (right).

The back-calculation with the software correlate quite well the activities close to the surface observed. If all partial safety factors are set to 1.00, the radius of the pressure cone increased to $\alpha = 0.30$ m, the load bearing capacity of the mesh at point-by-point application of force at the upper nail with $Z = 30$ kN is fully utilized and if the nail inclination is perpendicular to the slope surface, calculated by the software, the failure occur at a slope $\alpha = 76^\circ$, this result, also match very well with the test.

7. CONCLUSION

The large-scale tests performed create an ideal foundation for a better understanding of the load bearing capacity of flexible slope stabilization systems. Considering the practical restrictions (crane 500t), the size of the test frame seems to have been well-selected for simulating superficial instabilities. In supplementary tests, additional results on impacts to the nails and especially in the nail head area will be gathered. The present paper show that the failure inclination of the surficial layer of the slope depends strongly on the type of flexible facing. The differences of the results achieved from the large-scale tests and the dimensioning concept varies between 8 and 25%. This allows to confirm that the model assumptions are right. The RUVOLUM® concept based on laboratory tests, it's on the safe side compared to the large-scale tests. The test setup is the world's first installation for artificially checking the surficial stability, the results achieved from the tests should be taken with certain reserve and should never be used as add safety factors. The authors of this paper always recommend incorporation of safety factors for slope stability calculations.

References:

- For **BOOKS** and **MONOGRAPHS**:

- [1] Cala, M, Flum, D, Roduner, A, Rügger, R, & Wartmann, S 2012, *TECCO Slope Stabilization System and RUVOLUM® Dimensioning Method*, Bad Langesalza, Beltz Bad Langesalza GmbH,
- [2] Geobrugg, AG 2011, 'TECCO Slope Stabilization System', *Summary of Published Technical Papers 1998–2011*.
- [3] Geobrugg, AG 2016 'Geobrugg TECCO® brochure'

- For **JOURNALS**:

- [4] Baraniak, P & Schwarz-Platzer, K, Stolz, M, Shevlin, T & Roduner, A 2014, 'Large scale field tests for slope stabilizations made with flexible facings', *GEOHAZARDS 6*, Kingston.

- For **PROCEEDINGS**:

- [5] Cala, M, Stolz, M, Baraniak, P, Rist, A & Roduner, A., 2013, 'Large scale field tests for slope stabilizations made with flexible facings', in *Proceedings of EUROCK 2013*, Rotterdam, Balkema.
- [6] Rügger, R, Flum, D & Haller, B 2000, Hochfeste Geflechte aus Stahldraht für die Oberflächensicherung in Kombination mit Vernagelungen und Verankerungen, 2nd Building in Soil and Cliffs Colloquium at the Technical Academy of Esslingen, Germany.

MOGUĆNOSTI PRIMENE CEMENTOM STABILIZOVANIH MEŠAVINA U POSTUPKU HLADNE RECIKLAŽE

Simo Tošović¹, Ksenija Đoković²,

¹ Institut IMS, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, simo.tosovic@institutims.rs

² Institut IMS, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, ksenija.djokovic@institutims.rs

Rezime: U radu je dat prikaz određivanja fizičko-mehaničkih parametara: indirektna zatezna čvrstoća (R_t) i dinamičkog modula elastičnosti (E), koji se primenjuju pri projektovanju kolovoznih konstrukcija u postupku hladne reciklaže. Ispitivanja su sprovedena na cementom stabilizovanim mešavinama drobljenog kamenog agregata (DKA) i recikliranog asfalta (RA) sa različitim udelom ovih komponenti i različitim procentom cementa 3%, 5% i 7%. Pored određivanja navedenih parametara za projektovanje, cilj sprovedenih ispitivanja bio je i određivanje optimalnog udela recikliranog asfalta u mešavini sa drobljenim kamenim agregatom, kao i optimalnog dodatka cementa kao hidrauličkog veziva. Na osnovu dobijenih vrednosti izvršena je kategorizacija stabilizovanih mešavina prema standardu EN 14227-10:2006, koja dalje ima primenu pri projektovanju kolovoznih konstrukcija.

Ključne reči: reciklirani asfalt, hladna reciklaža, indirektna zatezna čvrstoća, dinamički modul elastičnosti

POSSIBILITIES OF APPLICATION CEMENT STABILIZED MIXTURE IN THE PROCESS OF COLD RECYCLING

Simo Tošović¹, Ksenija Đoković²

¹ Institute IMS, Belgrade, Bulevar vojvode Mišića 43, simo.tošović@institutims.rs

² Institute IMS, Belgrade, Bulevar vojvode Mišića 43, ksenija.djokovic@institutims.rs

Abstract: This paper presents the determination of physical-mechanical parameters: the indirect tensile strength (R_t) and the dynamic modulus of elasticity (E), which are applied in pavement design in the process of cold recycling. Tests were conducted on mixtures of cement stabilized crushed stone (DKA) and recycled asphalt (RA) containing different proportions of this components and the different percentage of 3%, 5% and 7% of cement. In addition to determining the above parameters for the design, the goal of the conducted test was to determine the optimal, and the proportion of recycled asphalt in mixture with a crushed stone aggregate, and of the optimal addition of cement as hydraulic binder. On the basis of the obtained values was carried out categorization of the stabilized mixture according to the standard EN 14227-10: 2006, which continues to have application in the design of pavements.

Keywords: recycled asphalt, cold recycling, indirect tensile strength, dynamic modulus of elasticity

1. UVOD

Pri rehabilitaciji puteva u cilju uštede prirodnih materijala, smanjenja uticaja zagađenja prirodne sredine i njene zaštite, 80-tih godina prošlog veka počelo se sa primenom postupka hladne reciklaže, najpre u SAD, a nešto kasnije i u Evropi. Postupak hladne reciklaže podrazumeva uklanjanje, usitnjavanje i ponovno korišćenje postojećeg materijala iz gornjih slojeva kolovozne konstrukcije. Kako su fizičko-mehanička svojstva izgrađenog materijala (sastugane asfaltne mešavine) lošija usled iskorišćenja, u cilju njihovog poboljšanja potrebno je izvršiti stabilizaciju. Stabilizacija se izvodi poboljšanjem granulometrijskog sastava tj. dodavanjem nedostajućih frakcija agregata i hidrauličkog veziva. Kao vezivo može se koristiti cement, kreč, pepeo ili neki drugi savremeni hemijski dodaci u praškastom ili tečnom stanju, različitih proizvođača kojih ima sve više na našem tržištu. Dodaci imaju zadatak da podstaknu razvoj pucolanske reakcije u mešavini kako bi se razvila vezivna svojstva. Najvažnija fizičko-mehanička svojstva ovako pripremljene mešavine su čvrstoća materijala (pritisna i indirektno zatezna) i modul elastičnosti. Na osnovu vrednosti zatezne čvrstoće i dinamičkog modula elastičnosti moguće je izvršiti klasifikaciju stabilizovanih mešavina, projektovati kolovoznu konstrukciju i kontrolisati uslove ugradnje pri izvođenju hladne reciklaže.

2. DOBIJENI REZULTATI

U cilju određivanja potrebnih parametara za projektovanje kolovozne konstrukcije, kao i optimalnog udela recikliranog asfalta u mešavini sa drobljenim kamenim agregatom vršena su odgovarajuća ispitivanja. Mešavine za stabilizaciju su sastavljene tako da udeo recikliranog asfalta u drobljenom kamenom agregatu

¹ Simo Tošović, Institut IMS, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, simo.tošović@institutims.rs

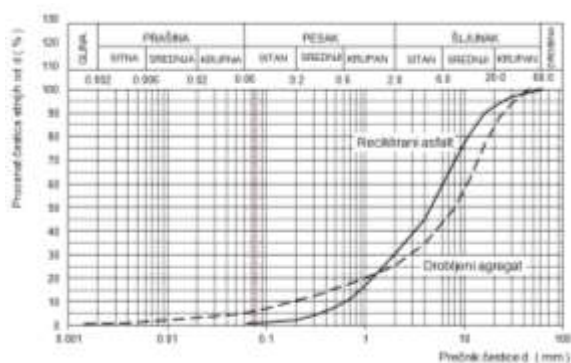
² Ksenija Đoković, Belgrade, Bulevar vojvode Mišića 43, ksenija.djokovic@institutims.rs

iznosi 0%, 20%, 40%, 60% i 80%. Ispitivanja su vršena i sa različitim procentom cementa 3, 5 i 7% u odnosu na suhu masu materijala [5].

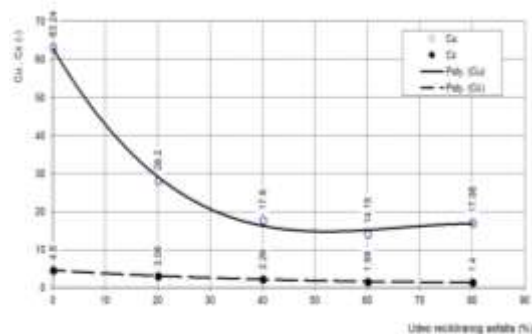
Na ovako pripremljenim stabilizovanim mešavinama vršena su ispitivanja fizičko - mehaničkih svojstava: čvrstoće na pritisak, indirektno zatezne čvrstoće, dinamičkog modula elastičnosti i otpornost na dejstvo mraza. Takođe je izvršeno prosejavanje mešavina i određen granulometrijski sastav, kao i ispitan hemijski sastav hidrauličkog veziva/cementa koji se koristio.

2.1 Fizičko-mehanička svojstva drobljenog kamenog agregata i recikliranog asfalta

Na slici 1. prikazan je granulometrijski sastav drobljenog kamenog agregata i recikliranog asfalta. Drobljeni kameni agregat ima stepen neravnomernosti $C_u = 63.24$, a reciklirani asfalt $C_u = 9.84$ (slika 2).



Slika 1. Dijagram granulometrijskog sastava



Slika 2. C_u i C_c u funkciji od procenta recikliranog asfalta u mešavini

Sa povećanjem udela recikliranog asfalta u mešavini smanjuje se stepen neravnomernosti (C_u) što se može objasniti činjenicom da reciklirani asfalt ima znatno niži stepen neravnomernosti od materijala u gornjem nosećem sloju od drobljenog kamenog agregata. Takođe, stepen zakrivljenosti (C_c) se smanjuje sa povećanjem udela recikliranog asfalta u mešavini, od vrednosti $C_c = 4.6$ za 0 % asfalta do $C_c = 1.4$ za 80 % udela asfalta u mešavini. Na osnovu promene stepena zakrivljenosti može se zaključiti da sa povećanjem udela asfalta u mešavini dobijamo kontinualnije granulometrijske krive (ravnomernija raspodela frakcija).

2.2 Dobijeni rezultati ispitivanja mešavina za stabilizaciju

2.2.1 Čvrstoća na pritisak stabilizacije pri reciklaži

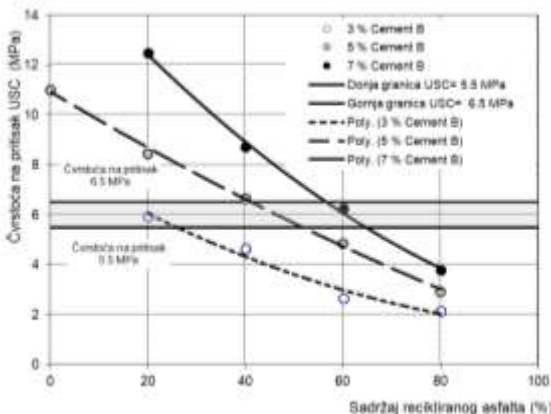
Na slici 3. prikazane su vrednosti čvrstoće na pritisak dobijene nakon 28 dana nege tela u vlažnoj komori, u funkciji procentualnog udela cementa. Probna tela su pripremljena sa različitim procentom udela recikliranog asfalta i sa zapreminskim masama koje su dobijene modifikovanim Proktorovim opitom. Sva probna tela su urađena sa istim cementom.

Sa dijagrama prikazanog na slici 3. je uočljivo da sa 3 % cementa pri reciklaži, je moguće postići vrednost čvrstoće od minimum 3.0 MPa za stabilizovanu mešavinu sa 50 (60) % recikliranog asfalta u mešavini, što po tehničkim specifikacijama predstavlja i donji minimum za čvrstoću na pritisak. Ukoliko se vrši reciklaža sa 3 % cementa udeo recikliranog asfalta trebalo bi da bude minimum 15 % u mešavini za postizanje maksimalne pritisne čvrstoće od 6.5 MPa, odnosno 25% za postizanje minimalne čvrstoće od 5.5 MPa.

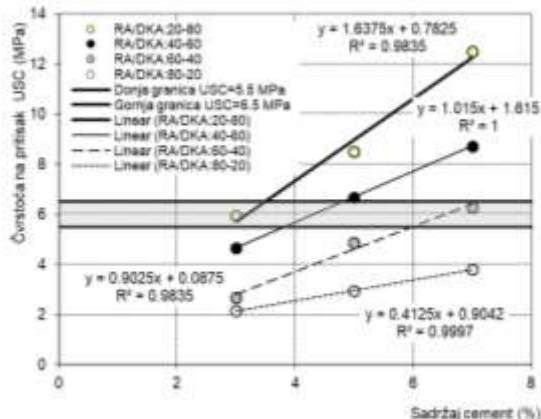
Optimalna vrednost čvrstoće na pritisak može se ostvariti sa max 5% cementa tako da čvrstoća na pritisak bude oko 6.5 MPa nakon 28 dana nege tela u vlažnoj komori, pri čemu udeo recikliranog asfalta ne bi trebalo da bude veći od 50 %.

Teorijski moguće je izvršiti stabilizaciju mešavine sa 60 % udela recikliranog asfalta sa procentom cementa od minimalno 7 %, kako bi se zadovoljila čvrstoća na pritisak propisana tehničkim specifikacijama za proces hladne reciklaže.

Optimalna vrednost procenta cementa za hladnu reciklažu je 5 % dodatog na suhu masu mešavine sa maksimalno 50 % udela recikliranog asfalta.



Slika 3. Čvrstoća na pritisak stabilizovanih mešavina za različiti sadržaj cementa nakon 28 dana

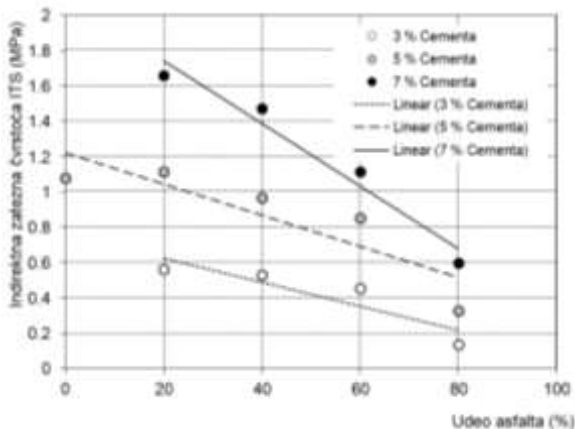


Slika 4. Čvrstoća na pritisak stabilizovanih mešavina za različiti sadržaj recikliranog asfalta nakon 28 dana

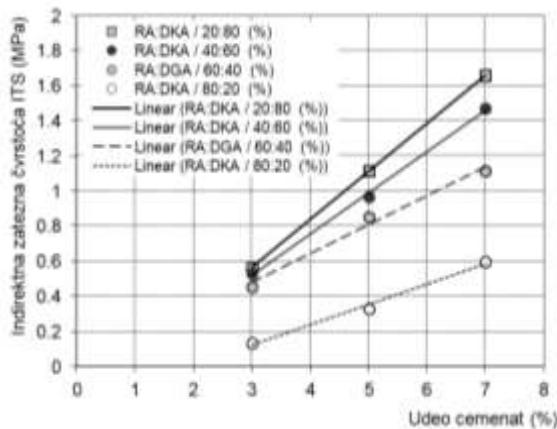
Na slici 4 je prikazana promena čvrstoće na pritisaka u zavisnosti od dodatog % cementa u rasponu od 3 - 7%, za različit odnos udela recikliranog asfalta i drobljenog kamenog agregata. Iz dijagrama se jasno uočava uticaj udela recikliranog asfalta na čvrstoću na pritisak tj. sa povećanjem procenta recikliranog asfalta opada vrednost čvrstoće na pritisak.

Stabilizovane mešavine sa 60 i 80 % recikliranog asfalta nalaze se ispod donje vrednosti graničnog pojasa čvrstoće na pritisak, koji se kreće u rasponu od 5.5 do 6.5 MPa. Stabilizovane mešavine sa udelom recikliranog asfalta u mešavini većim od 50% trebalo bi stabilizovati sa penastim bitumenom uz minimalno učešće cementa do 1.5% u cilju postizanja inicijalne čvrstoće stabilizacije. Stabilizovane mešavine sa udelom ispod 50 % recikliranog asfalta u mešavini mogu se stabilizovati sa dodatkom cementa optimalno oko 5%.

2.2.2 Indirektna zatezna čvrstoća stabilizacije pri reciklaži



Slika 5. Indirektno zatezna čvrstoća stabilizovanih mešavina za različiti sadržaj cementa nakon 28 dana



Slika 6. Indirektno zatezna čvrstoća stabilizovanih mešavina za različiti sadržaj recikliranog asfalta nakon 28 dana

Na slici 5 prikazane su vrednosti indirektno zatezne čvrstoće dobije ispitivanjima Brazilijanskim opitom.

Vrednosti indirektna zatezne čvrstoće (ITS) opadaju sa povećanje procenta recikliranog asfalta. Indirektna zatezna čvrstoća ITS dostiže najveću vrednost kod mešavine sa 20% recikliranog asfalta i 7 % cementa ITS=1.66 MPa.

Vrednosti indirektna zatezne čvrstoće ITS > 0.2 MPa su dobijene u mešavinama kod kojih je udeo recikliranog asfalta > 60 % sa dodatkom 3%, 5% i 7 % cementa u odnosu na suhu masu mešavine.

Za mešavine kod kojih su vrednosti indirektna zatezne čvrstoće ITS > 0.2 MPa po preporuci studije „Technical Guide - Treatment of soil with lime and /or hidraulic binder” (Setra, 2007.) stabilizovani materijal je otporan na dejstvo mraza.

Indirektna zatezna čvrstoća se kreće u rasponu od 8 do 17 % u odnosu na čvrstoću na pritisak određenu nakon 28 dana.

Po preporuci navedene studije u proračunima čvrstoća na zatezanje Rt usvojeno je:

$$R_t = 0.8 \times ITS \quad (1)$$

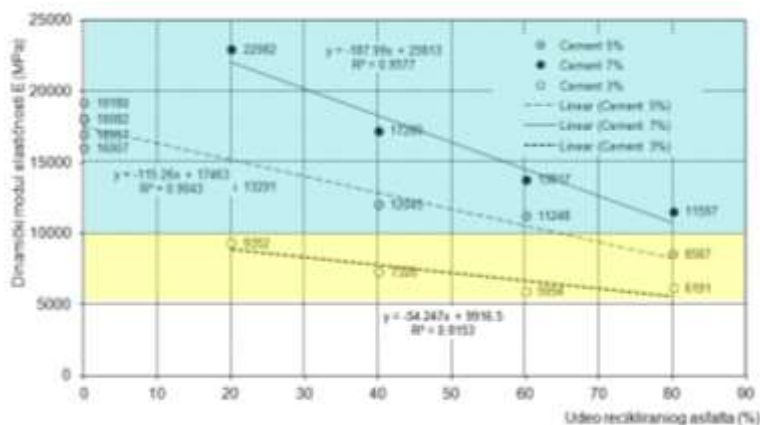
Na slici 5 prikazane su vrednosti indirektna zatezne čvrstoće određene na mešavinama sa različitim procentima recikliranog asfalta. Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da vrednost indirektna zatezne čvrstoće manju od 0.2 MPa poseduje mešavina sa 80 % recikliranog asfalta i sa oko 3% cementa, koja po rezultatima studije [6] ne zadovoljava otpornost na dejstvo mraza (ITS<0.2).

Prema studiji [6] zadovoljavajuće stabilizacije su one mešavine kod kojih je indirektna zatezna čvrstoća veća od 0.4 MPa. Što se postiže učešćem asfalta do 60 % za sva tri upotrebljena procenta cementa pri stabilizaciji.

Rezultati ispitivanja indirektna zatezne čvrstoće omogućavaju veći udeo recikliranog asfalta u mešavini za oko 10% (60%) u odnosu na kriterijum dobijen čvrstoćom na pritisak (50%).

2.2.3 Dinamički modul elastičnosti – E modul

Dinamički modul elastičnosti je parametar od posebnog značaja kod dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija [1, 2]. Vrednosti E modula dobijene su metodom ultrazvuka i prikazane su na dijagramu na slici 7.



Slika 7. Dijagram zavisnosti dinamičkog modula elastičnosti E od procenta cementa

Iz dijagrama na slici 7 jasno se zapaža da sa povećanjem procenta recikliranog asfalta u mešavini za isti procenat dodatog cementa, moduli elastičnosti imaju opadajući trend. Koeficijenti determinacije dinamičkih modula elastičnosti, koji su određeni metodom ultrazvuka, su izuzetno visoki i kreću se od 0.82 do 0.96.

Vrednosti dobijenih modula E mogu se podeliti u dve grupe:

- Moduli E od 5000 do 10000 MPa, koji predstavljaju module koji su dobijeni pri stabilizaciji sa 3 % cementa i udelom recikliranog asfalta od 20 do 80 %.

- Moduli E od 10000 do 23000 MPa, koji su dobijeni stabilizacijom mešavine sa 5 i 7 % cementa i udelom recikliranog asfalta od 20 do 80 %.

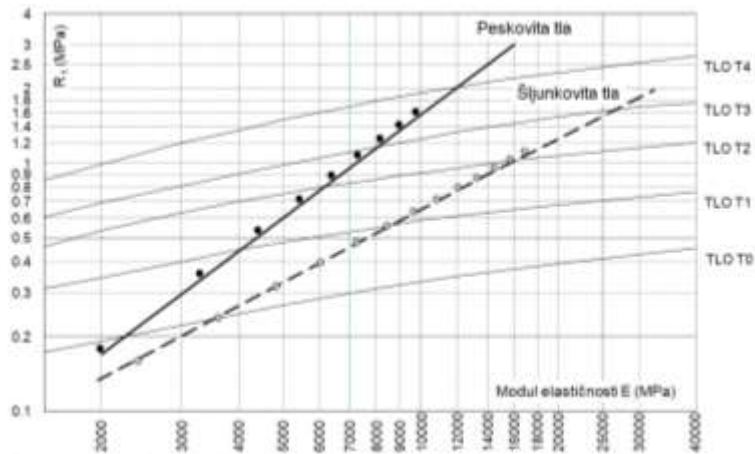
Za isti procenat recikliranog asfalta u mešavini E moduli rastu za različite procenat dodatog cementa. Za mešavinu sa 20 % recikliranog asfalta za 7000 MPa, za mešavinu sa 40 % recikliranog asfalta za 5000 MPa, dok za mešavinu sa 80 % povećanje modula je za oko 2000 MPa.

3. ODREĐIVANJE PARAMETARA Rt i E

Dobijene vrednosti čvrstoće na zatezanje Rt i dinamičkog modula elastičnosti E koristeće se za klasifikaciju stabilizovanih mešavina prema dijagramu $R_t = F(E)$ prikazanom na slici 8, preuzetom iz navedene studije i standarda [3, 4 i 6).

Sa dijagrama na slici 8 jasno se uočava da materijali koji se klasifikuju kao šljunkovita tla (GW, GP) u odnosu na peskovita tla (SW, SP), imaju blažu krivu zbog većih vrednosti E modula pri stabilizaciji, a pri istim vrednostima zatezne čvrstoće Rt.

Stabilizovani materijali su podeljeni na klase tla od T0 do T5 sa karakteristikama koje su detaljnije prikazane u studiji [6].



Slika 8. Klasifikacija stabilizovanih „tla”

Izvor: Technical Guide - Treatment of soil with lime and /or hydraulic binders”, Setra 2007 [6]

U tabeli 1 su prikazane dobijene vrednosti Rt i E, a dobijena klasifikacija na dijagramu na slici 9.

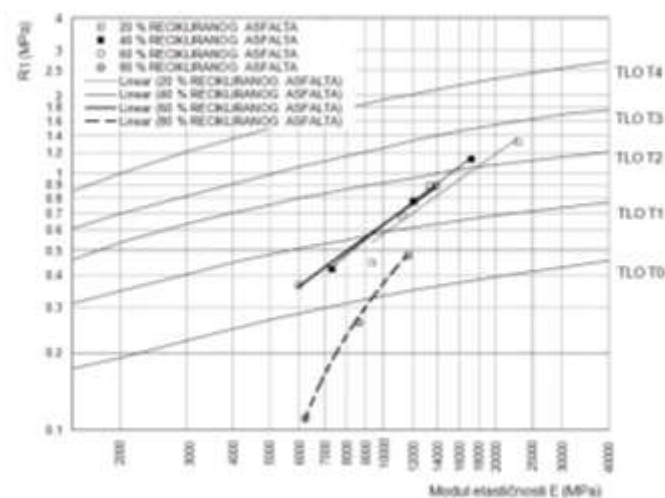
Tabela 1. Rt i E modul za različiti procenat cementa

Udeo komponenti u mešavini (%)		Rt; E (MPa)					
Drobljeni kameni agregat	Reciklirani asfalt	3% cementa		5 % cementa		7 % cementa	
		Rt	E	Rt	E	Rt	E
100	0			0.86	18082		
80	20	0.45	9352	0.90	13291	1.33	22982
60	40	0.42,	7320	0.78	12045	1.14,	17200
40	60	0.37	5954	0.68	11248	0.90,	13817
20	80	0.11	6191	0.26	8587	0.48,	11597

Zatezna čvrstoća u funkciji od E modula, na stabilizovanim mešavinama ima nagib prave koja približno odgovara "šljunkovitom" tlu. Znatno odstupanje nagiba prave dobijeno je za mešavine sa 80 % recikliranog asfalta, koje su stabilizovane sa dodatkom 3%, 5% i 7% cementa.

Mešavine za stabilizaciju sa udelom do 20%, 40% i 60% recikliranog asfalta, sa 3% cementa pripadaju po klasifikaciji stabilizovanom tlu "Tlo T1", sa 5% cementa pripadaju klasi "Tlo T2", a sa 7% cementa pripadaju klasi "Tlo T3".

Mešavine za stabilizaciju sa udelom do 60% recikliranog asfalta, što predstavlja donju maksimalnu granicu sadržaja asfalta, imaju karakteristike slične stabilizovanom tlu tj. šljunaku sa vezivom.



Slika 9. Klasifikacija stabilizovanih mešavina, sa različitim udelom RA i DKA na dijagramu $R_t=f(E)$

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu fizičko – mehaničkih karakteristika stabilizovanih materijala hidrauličkim vezivom (indirektne zatezne čvrstoće i dinamičkog modula elastičnosti) određen je maksimalni udeo recikliranog asfalta u stabilizovanoj mešavini do 60 %. Prema kriterijumu čvrstoće na pritisak preporučuje se da procenat recikliranog asfalta u mešavini bude maksimalno do 50 %.

Na osnovu ispitivanja određeni su parovi R_t - zatezne čvrstoće i E - dinamičkog modula elastičnosti, potrebni za projektovanje, i prikazane su njihove vrednosti za stabilizovane mešavine sa različitim procentom recikliranog asfalta i hidrauličkog veziva u mešavini.

Izvršeno je vrednovanje stabilizovanih mešavina sa različitim procentima recikliranog asfalta i hidrauličkog veziva, prema klasama „tla“ "T0" do "T5“.

Dobijene vrednosti R_t i E , i kategorizacija stabilizovanih mešavina "T0-T4" imaju dalju primenu pri projektovanju kolovoznih konstrukcija.

Literatura:

- [1] Arellano, D.; Thompson, M. R.1998. *Final Report: Stabilized Base Propertis (Strength, Modulus, Fatigue) for Mechanistic-Based Airport Pavement Desing, COE Raport No 4*, University of Ilinois at Urbana-Champaaing, Urbana IL.
- [2] Barišić,I., Rukavina, T., Dimeter, S. 2011. Cementne stabilizacije – karakteriziranje materijala i projektni kriteriji, *Građevinar* 63 (2): 135-142.
- [3] EN 14227-10:2006: Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 10: Soil treated by cement
- [4] EN 14227-13:2006: Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 13: Soil treated by hydraulic road binder
- [5] Studija o fizičko-mehaničkim svojstvima stabilizovanih mešavina drobljenog kamenog agregata 0-31,5 mm i recikliranog asfalta, sa dodatkom cementa, Institut IMS, 2017.
- [6] Technical Guide - *Treatment of soil with lime and /or hidraulic binders; Part 2.3 Desing parameters, 2.3.1. Materijals*; SETRA, Septembar 2007.

TRETMAN KREČOM FINIH GLINOVITIH ZEMLJIŠTA: EKONOMIČNO REŠENJE ZA PODTLO, OSNOVE, NOSEĆE SLOJEVE I ZAVRŠNE SLOJEVE

SOIL TREATMENT WITH LIME FOR FINE CLAYEY SOILS: AN ECONOMICAL SOLUTION FOR SUBGRADE, SUB BASE, BASE & CAPPING LAYERS

Mr. Denayer Christophe, M.Sc, MBA

*Carmeuse Central Europe
Boulevard de Lauzelle 65
B-1348 Louvain-la-Neuve
Belgium
e-mail: christophe.denayer@carmeuse.com*

Mr. Tebaldi Gabriele, Ph.D., P.E.

*University of Parma
Department of Civil and Environmental Engineering and Architecture
Road and Transport Section
e-mail: gtebaldi@unipr.it*

Rezime: *Glinovita zemljišta imaju slabu primenljivost kao podtlo za putogradnju, usled obubrenja zbog upijanja vode, kao i skupljanja nakon sušenja. Ipak, kad se zemljištu doda kreč/vezivo, ono nije samo isušeno, već i modifikovano postupkom flokulacije. U toj fazi, indeks plastičnosti zemljišta je znatno smanjen, a zemljište postaje granulirano, a time i bolje za rad i zbijanje. Postepeno očvršćavanje mešavine, usled pucolanske reakcije kreča i gline, će povećati nosivost. Zbijena glinovita zemljišta predstavljaju fleksibilnu i stalnu strukturnu osnovu za podtla, osnovni sloj, noseće slojeve i završne slojeve. Tretman zemljišta krečom/krečnim vezivom je dokazan metod za izgradnju trajnih osnova, na bazi fine gline.*

Ključne reči: *tretman zemljišta, stabilizacija zemljišta, poboljšanje zemljišta, isušivanje zemljišta, kreč, idratirani kreč, živi kreč, glinovita zemljišta, sitna zemljišta, zemljani radovi, podtlo, osnova, noseći sloj, završni*

1. UVOD

Tretman zemljišta krečom/krečnim vezivom je tehnika gde se fina zemljišta mešaju in-situ, kako bi se dobili fleksibilni, trajno strukturirani slojevi poput podtla, osnovnog sloja, nosećih slojeva i završnih slojeva za sve vrste puteva, autoputeva i železnica, kao i privremenih servisnih puteva i ruralnih puteva. Dodavanje kreča/veziva zemljištu proizvodi različite efekte. Prvi efekat, isušivanje zemljišta, predstavlja brzo smanjenje vlažnosti zemljišta, usled hemijske reakcije između vode i živog kreča (CaO) u vlažnom zemljištu, formiranjem kalcijum-hidroksida. Drugi efekat, unapređenje kvaliteta zemljišta, uključuje smanjivanje plastičnosti zemljišta, povećanje optimalne vlažnosti zemljišta, smanjenje maksimalne gustine, poboljšanu kompaktilnost, smanjenje kapaciteta zemljišta da bubri i da se skuplja, kao i pobaoljšanje u čvrstoći i stabilnosti nakon kompaktovanja. Ovi efekti se obično ostvaruju u prvih sat vremena do 48 sati. Treći efekat, stabilizacija zemljišta, predstavlja flokulaciju zemljišta, usled fizičko-hemijske reakcije između glinovitih sastojaka i kalcijuma – stimulisanu povećanjem pH vrednosti – promena granulacije zemljišta i pravljenje heterogene granularnosti. Količina dodatog kreča/krečnog veziva, izražena kao procenat suvog zemljišta, određuje se nakon laboratorijske analize zemljišta, i u funkciji je traženih performansi. Tretman zemljišta krečom, tj. odgovarajućim vezivom proizvodi dugoročnu čvrstoću, kao i dugoročno smanjenje skupljanja, bubrenja i plastičnosti, što zajedno daje trajne i fleksibilne noseće materijale.

2. PROCENA PODOBNOSTI STABILIZACIJE KREČOM

2.1 Klasifikacija zemljišta

Nisu sva fina zemljišta pogodna za stabilizaciju. AASHTO M 145 ili ASTM D3282 klasifikuju zemljišta, u zavisnosti od granulometrije, granice tečenja i indeksa plastičnosti. Stabilizacija zemljišta krečom je pogodna u veoma kohezivnim zemljištima, sa "dobrim do slabim" podtlom, poput zemljišta klasa A2-6, A2-7, A6 i A7. Takođe, klasa A5 je pogodna, imajući indeks plastičnosti preko 8%.

2.2 Ograničen sadržaj organskih materija

Različite metode se mogu upotrebiti za utvrđivanje sadržaja organskih materija u prirodnom zemljištu. Metod propisan u AFNOR NF 94-055, koji se koristi u Italiji i Francuskoj, utvrđuje sadržaj organskih materija oksidacijom, korišćenjem kalijum-dihromata. Tretman zemljišta krečom je pogodan za sadržaj organskih materija ispod 2%. Ova granica može biti premašena, nikada preko 4%, dokle god su zahtevi zadovoljeni, samo za niže slojeve nasipa, gde je visina preko 4 m. Zemljišta sa visokim sadržajem organskih materija je teško stabilizovati ili bi stabilizacija krečom bila neekonomična.

2.3. Ograničen sadržaj soli sumpora

Ovo se preporučuje za područja gde je zagađenje sulforom u zemljištima poznato. Dodavanje kreča/veziva je i dalje moguće, međutim samo u slučaju ograničenog sadržaja sumpornih soli (sulfati i sulfidi). Ukupan sadržaj soli sumpora može se proceniti prema UNI 8520, deo 11. Rezultati moraju biti niži od 0,25%. Neka zemljišta sa sadržajem sulfata između 0,25% i 1% mogu biti prihvatljiva samo nakon detaljnih ispitivanja u laboratoriji. Zemljište sa sadržajem sulfata većim od 1% treba zameniti zemljištem sa nižim sadržajem sumpornih soli ili lokalnim kamenom iz kamenoloma. Visoke koncentracije sulfata mogu izazvati štetne reakcije, slične sulfatnoj koroziji betona, što može dovesti do gubitka stabilnosti.

3. TRENUTNA POTROŠNJA KREČA

3.1. Interakcije kreča sa zemljištem

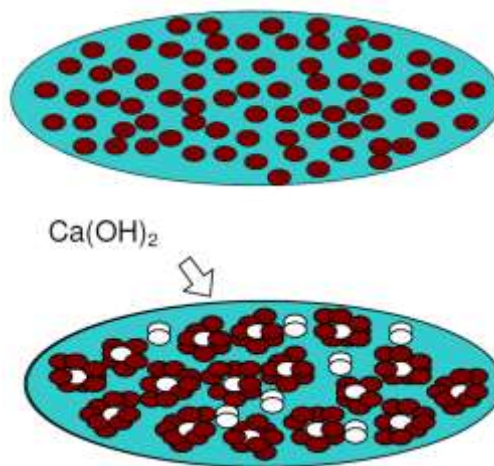
Glina sa prirodnim sadržajem vlage čini koloidni rastvor. Koloid je supstanca u finoj zrnastoj disperziji, između homogenog rastvora i heterogene suspenzije. Ovo "mikroheterogena" stanje se sastoji iz dve faze: mikroskopski dimenzionisane supstance (prečnik između 10^{-9} m do 10^{-6} m) raspršene u matriksu.

Tabela 1: Dimenzije čestica u rastvoru

Dimenzije čestica		
< 10^{-9} m	10-9 - 10^{-6} m	> 10^{-6} m
Homogeni rastvor	Koloidni rastvor	Heterogena suspenzija

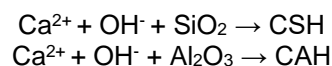
Dodavanjem živog kreča (kalcijum oksida) u zemlju pri prirodnom sadržaju vlage, tlo će se osušiti zbog reakcije između kalcijum oksida i vode, stvarajući kalcijum hidroksid (hidrirani kreč). Ovo je egzotermna reakcija: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 15,5 \text{ kCal}$

Kalcijum hidroksid, u prisustvu vode, biće podeljen na Ca^{2+} i OH^- jone, koji povećavaju pH rastvora. U ovim uslovima će Ca^{2+} joni fiksirati čestice gline za sebe, stvarajući vrlo stabilne makročestice. Ovaj proces se zove flokulacija gline.



Slika 1: koloidni rastvor glinovitog tla (gore) i flokulacija gline usled Ca^{2+} (dole)

U ovoj fazi, indeks plastičnosti je značajno smanjen i tlo postaje drobljivo i granulirano, što ga čini lakšim za rad i zbijanje. Zbog povećane pH vrednosti zemljišta, aluminijum i silicijum prisutan u česticama gline je rastvoren. Nakon zbijanja, počinje puzolanska reakcija, između jona kalcijuma, hidroksidnih jona, rastvorljivog silicijuma i aluminijuma, što rezultira postepenim očvršćavanjem, stvaranjem kalcijum-silicijum hidrata (CSH) i kalcijum-aluminijum hidrata (CAH). Ove reakcije su slične onima u procesu hidratacije Portland cementa:



3.2. Specifikacija kreča

Građevinski kreč za tretiranje zemljišta klasifikovan je prema EN 459-1 sa oznakom CE, za proizvode unutar Evropske unije. Samo kreč kategorije CL 90 i CL 80 je pogodan za tretman zemljišta.

Tabela 2: Hemijski zahtevi za kreč za tretman zemljišta (prema EN 459-1)

Konstituenti u %	CaO + MgO	MgO	CO ₂	SO ₃	CaO
CL 90	≥ 90	≤ 5	≤ 4	≤ 2	≥ 80
CL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2	≥ 65

(*) raspoloživi kreč

Ovo su minimalni zahtevi, jer projektant može zatražiti više vrednosti, kako bi se optimizovala potrošnja kreča na projektu (pogledajte odeljak 4). U slučaju živog kreča, neki dodatni zahtevi moraju biti zadovoljeni – granulometrija i reaktivnost prema EN 14227-11.

Tabela 3: Fizički zahtevi, koji se odnose na granulometriju čestica živog kreča

Prolaz na situ	[%]
5 mm	≥ 100
2 mm	≥ 95
0,2 mm	≥ 70
0,09 mm	≥ 50

Što se tiče reaktivnosti, živi kreč će dostići temperaturu od 60 °C za 25 minuta.

3.3. Trenutna potrošnja kreča

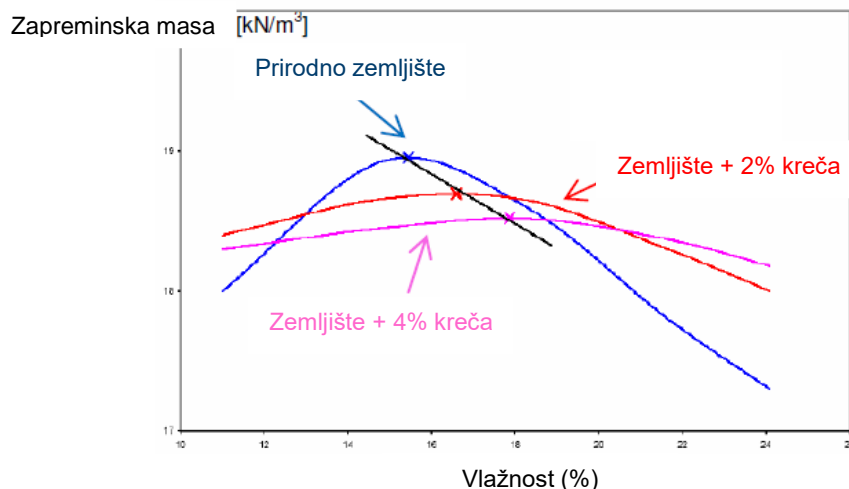
Test se sastoji u merenju pH mešavine kreča i zemljišta, počevši od doziranja kreča od 2%. Doziranje se povećava u koracima od 0,5%, sve do vrednosti pH preko 12,4 na 25 °C. Minimalni sadržaj kreča, za dostizanje praga od 12,4 predstavlja neposrednu potrošnju kreča. Postupci su propisani ASTM D 6276 - Eades i Grim pH testu. Razlog za visoku pH vrednost je vezan za zadovoljenje trenutne reakcije kreča/veziva i zemljišta i da nadalje obezbedi značajan ostatak kalcijuma za dugotrajnu puzolansku reakciju.

4. OPTIMIZACIJA POTROŠNJE KREČA

Tokom analize zemljišta u laboratoriji, dodatne informacije o gustini tla u funkciji vlažnosti i u odnosu na doziranje kreča/veziva trebaju se izmeriti, kako bi se osigurala nosivost zbijenog zemljišta u praksi.

4.1 Maksimalna zapreminska masa i optimalna vlažnost

Proizvesti uzorke prirodnog zemljišta i uzorke mešavine zemljišta u skladu sa prEN 13286-50 standardnom Proctor-ovom opitu. Prvo odredite maksimalnu zapreminsku masu i optimalnu vlažnost prema prEN 13286-2 standardu, za 5 uzoraka zemljišta sa različitim vlažnošću, a nakon toga 5 uzoraka sa dodatim krečom, takođe sa različitim vlažnostima. Količina dodatog kreča je 0,5% iznad trenutne potrošnje kreča. Ekstrapolacijom, maksimalna zapreminska masa se može grafički predstaviti:



Slika 2: maksimalna zapreminska masa prirodnog zemljišta, i zemljište sa dodatim krečom, pri različitoj vlažnosti

4.2. Pritisna čvrstoća na Proctor uzorcima

Proizvesti uzorke prirodnog zemljišta i uzorke mešavine zemljišta u skladu sa prEN 13286-50 standardnim Proctor-ovim opitom. Utvrditi pritisnu čvrstoću, nakon 28 dana - što osigurava odgovarajuće performanse na gradilištu u cikličnom zamrzavanju i odmrzavanju i uslovima produžene natopljenosti.

Tabela 4 i tabela 5 daju informacije o USA zahtevima, u funkciji primene, i klase za projektante prema evropskim standardima.

Tabela 4: Specifikacija pritisne čvrstoće AASHTO-DoT (USA) za mešavine zemljišta sa krečom, u odnosu na aplikaciju (podtlo, tlo) i klimatskim uslovima:

Minimalna pritisna čvrstoća u N/mm ²	Produženo potapanje za 8 dana	Broj ciklusa zamrzavanja očekivanih u toku prve zime		
		3 ciklusa	7 ciklusa	10 ciklusa
podtlo				
rigidan završni sloj/podna ploča/temelji	0,35	0,35	0,62	0,82
flexibilan završni sloj (>25 cm)	0,42	0,42	0,69	0,90
flexibilan završni sloj (20-25 cm)	0,48	0,48	0,69	0,97
flexibilan završni sloj (13-25 cm)	0,62	0,62	0,90	1,10
osnova				
navedena vrednost (ali ne manje od 15)	0,90	0,90	1,17	1,40

Tabela 5: pritisna čvrstoća po prEN 14227-1

Pritisna čvrstoća	Klasa
≥ 0,2 MPa	Rc 0,2
≥ 0,5 MPa	Rc 0,5
≥ 1,0 MPa	Rc 1,0
Druga deklarirana vrednost, ne manja od 2 MPa	Rc DV

4.3. Mehaničke performanse

Kalifornijski indeks nosivosti (CBR) je test prodiranja za procenu mehaničke čvrstoće podtla i "posteljice". Razvio ga je Ministarstvo saobraćaja Kalifornije. Test se vrši merenjem pritiska potrebnog za penetraciju uzorka zemljišta pomoću klipa standardizovane površine. Izmereni pritisak se onda stavlja u odnos sa pritiskom potrebnim da se postigne jednaka penetracija na standardnom drobljenom kamenu. CBR test je opisan u EN 13286-47. Što je tvrđa površina, to je veća CBR vrednost. CBR od 5 odgovara vlažnoj glini, dok vlažan pesak može imati CBR od 10. Visoko kvalitetni drobljeni materijali imaju CBR vrednost preko 80. Standardni materijal za ovaj test je drobljeni kalifornijski krečnjak koji ima vrijednost 100. Nije isključeno da se postigne CBR vrednost preko 100, na uzorcima finih glinovitih zemljišta tretiranih krečom. Dobra je praksa da se CBR meri posle 11 dana tj. 7 dana na vazduhu, nakon čega sledi 4 dana potopljenosti. Tokom prvih 7 dana, sprečava se isušivanje uzoraka i temperatura se održava na 20 ± 2 °C. Razlog za ovo je povezan sa pucolanskom reakcijom između zemljišta i kreča koje se treba odigrati. Nakon tog perioda, uzorci se potapaju 4 dana na temperaturi od 20 ± 2 °C

Tabela 6: CBR po EN 13286-47

CBR nakon 4 dana u vodi (ili po drugoj specifikaciji)	Klasa
≥ 15	CBR 15
≥ 20 i ne manje od trenutnog indeksa nosivosti	CBR 20
≥ 30 i ne manje od trenutnog indeksa nosivosti	CBR 30
≥ 20 i ne manje od trenutnog indeksa nosivosti	CBR 40
≥ 30 i ne manje od trenutnog indeksa nosivosti	CBR 50
navedena vrednost (ali ne manje od 15)	CBR DV

4.4. Bubrenje nakon 4 dana potopljenosti

Bubrenje, određeno potpunim potapanjem (uranjanjem) CBR uzoraka u skladu sa EN 13286-47 - upotrebom vode koja se neprekidno aerira – se preporučuje da bude ispod 1%. Ova informacija nam daje ideju o tome koja količina kreča u mešavini je dovoljna da stabilizuje čestice gline. U nekim situacijama, maksimalno 2% se dozvoljava, nekada čak i više. Međutim, dopunska studija se treba napraviti prema iskustvima na gradilištu.

5. IZVOĐENJE

Koraci postupka tretmana zemljišta su slični za stabilizaciju i modifikaciju zemljišta. Generalno, stabilizacija zahteva više kreča i strožiju kontrolu procesa od modifikacije. Osnovni koraci su:

1. priprema zemljišta,
2. raspršivanje kreča/krečnog veziva,
3. eventualno dodavanje vode i mešanje,
4. zbijanje do maksimalne (praktične) gustine
5. tretiranje pre nanošenja sledećeg sloja

5.1. Priprema zemljišta

Ovaj korak nije uvek potreban. Može biti izveden ripperom, frezom ili plugom. Cilj pripreme je delom ukljanjanje većeg kamenja ili šljunka (> 10 cm) prisutnog u zemljištu, koje može naneti štetu mešalici. Pored toga, pomaže u modifikovanju vlažnosti zemljišta putem ventilacije ili kvašenja.

5.2. Raspršivanje kreča

Kreč/vezivo se isporučuje pneumatski u raspršivač, direktno iz cisterne ili skladišnih silosa. Kreč se raspršuje pomoću raspršivača sa doziranjem. Ova operacija se mora izvršiti uz maksimalnu preciznost. Vrsta kreča koji se koristi, živi kreč ili hidratizirani kreč, zavisi od više stvari, kao što su iskustvo izvođača radova, raspoloživost opreme, vlažnost zemljišta i sl. Živi kreč, ili kalcijum oksid, je koncentrovani oblik od hidratiziranog kreča, i sadrži 20 do 24% više "rasploživog" CaO. Tako, oko 3 % živog kreča je ekvivalentno

4 % hidratisanog kreča, kada uslovi dopuštaju potpuno hidratisanje živog kreča, sa dovoljno vlage. Živi kreč takođe ima i veću nasipnu gustinu, zahtevajući manje skladišnog prostora. Građevinska sezona se može produžiti, usled egzotermne reakcije koju izaziva kreč u sadejstvu sa vodom, koja može zagrejati tlo. Živi kreč je odličan za isušivanje vlažnog tla. Hidratirani kreč se može koristiti za isušivanje gline, ali nije tako efikasan kao živi kreč. Čestice hidratisanog kreča su vrlo fine, tako da prašina može predstavljati problem, u naseljenim područjima. Za naseljena područja, krupniji živi kreč ili krečno mleko (mešavina kreča i vode) može postati opcija.

5.3. Mešanje

Ukoliko se koristi živi kreč, neophodno je da sve čestice hidratisale i dobro izmešane sa zemljištem. Dodatna voda može biti potrebna tokom finalnog miješanja (prije sabijanja) da bi zemljište dovelo do 3 % iznad optimalne vlažnosti u tretiranom materijalu.

5.4. Sabijanje

Početno sabijanje obično se obavlja odmah nakon mešanja, koristeći vibro jež valjka ili ravan valjak. Nakon toga, završno sabijanje se može postići upotrebom glatkog valjka. Oprema bi trebala biti pogodna za dubinu dela trase koji se gradi. Po toplom vremenu i kada je tlo vlažno, preporučljivo je izvršiti zbijanje od 2 do 4 sata nakon mešanja, kako bi se negašenom kreču dalo dovoljno vremena za vezivanje sa vodom i isparavanje. Ako postoji rizik od kiše, zbijanje zemljišta treba obaviti pre nego voda može ponovo prodrati u tretirane slojeve.

5.5. Nega i zaštita

Tretirani sloj treba bar 24 sata negovati, bez kretanja mehanizacije, kako bi se izbegla oštećenja. Vreme sušenja je od 1 sata do 1 dana, u zavisnosti od spoljašnje temperature i količine dodatog kreča, što treba omogućiti dovoljnu nosivost za privremene puteve ili naredni sloj materijala.

6. KONTROLA IZVEDENIH RADOVA

6.1 Količina vlaznosti u zemljištu

Pre započinjanja novog tretmana zemljišta, neophodno je izmeriti trenutnu vlažnost zemljišta. Dobijeni rezultati diktiraju izvođaču radova sa koliko procenta je neophodno tretirati zemljište za taj dan. Ako je vlažnost iznad optimalne vrednosti, neophodno je koristiti živi kreč. Ako je vlažnost ispod optimalne vrednosti, potrebno je na licu mesta dodavati određen procenat vode i dobiti optimalnu vlažnost.

6.2 Količina kreča / veziva naneta na trasu raspršivačem

Preporučljivo je da se svaki dan prilikom izvođenja stabilizacije vrši kontrola i količina nasutog vezivnog materijala. Ova količina kreča/veziva se vrlo jednostavno i lako izmeri koristeći metalnu posudu (50 cm x 50 cm) koja se postavi ispod posipača i nakon njegovog prolaska se izmeri količina materijala koja se našla u posudi.

6.3 Statička ploča – merenje rezultata na tretiranom zemljištu

Za kontrolu i merenje rezultata na tretiranom zemljištu koristi se metoda statičke ploče, gde se jednostavnim principom merenja dobijaju rezultati trenutne nosivosti na samoj trasi. Opit pločom (cca 200 cm²) – se koristi takođe da izmeri i modul deformacije (prema USA standardu – modul podtla) sabijenog zemljišta (opiti pločom su regulisani i srpskom regulativom, SRPS U.B1.046 za modul stišljivosti (Švajcarska metoda) ili SRPS U.B1.047 (modul deformacije - Nemačka metoda)). Vertikalni pritisak na ploču se dobija "slobodnim padom" tega koji udara u ploču. Dobijeni rezultati površinske deformacije se

očitavaju nakon stabilizacije u tri tačke koje se nalaze pod uglom od 120 ° od fiksnog okvira. Prosečna deflekcija se proračunava i određuje prosečan modul deformacije. Zahtevane vrednosti zavise od samog sloja tretiranja (posteljica, podtlo, tlo). Takođe, slične vrednosti mogu da se izračunaju i kada se stabilizuje neki od nosećih slojeva (agregat). Primeri primene ovog testa mogu da se pronađu u standardima AASHTO T 222 and ASTM D 1196.

7. EKONOMSKE UŠTEDE I REŠENJA

7.1 Usteda vremena

Tretman stabilizacije zemljišta krečom/vezivom redukuje utrošeno vreme u odnosu na tradicionalnu metodu izvodjenja radova (iskop, nanos materijala). Tradicionalnom metodom zemljište mora da se iskopa i transportuje (kamionski) do najbliže moguće deponije (kasete), onda sledi nanos agregata (kamionski) i na kraju završno zbijanje. Ovo nije samo skuplja varijanta već i vremenski mnogo duža (pogledati prilog tabelu uporedne analize troškova 7.2)

7.2 Ekološko resenje

Metoda stabilizacije zemljišta krečom je takođe i ekološki pozitivno rešenje, zato što jedan kamion veziva (cca 30 t – cisterna) zamenjuje 100 kamionskih tura:

50 kamiona – odvoz zemljišta

50 kamiona – dovoz agregata

Takse za deponovanje iskopanog zemljišta se izbegavaju.

7.3 Značaj uštede troškova

Primena stabilizacije zemljišta u niskogradnji je ekonomski isplativo rešenje u odnosu na tradicionalnu metodu gde se primenjuje otprema zemljišta i doprema agregata iz najbliže mogućeg pozajmišta / kamenoloma.

Tabela 7: U primeru to izgleda ovako (projekcija troškova – tržišne cene):

Zamena zemljišta agregatom - tradicionalan metod		Tretman zemljišta krečom - nova metoda	
Aktivnost	Cena €/m ³	Aktivnost	Cena €/m ³
Iskop zemlje	2,00 €	Iskop zemlje	2,00 €
Transport na deponiju	2,25 €	Transport zemljišta do nasipa	1,00 €
Taksa za deponovanje (1,7 t/m ³ x 2 €/t)	3,40 €	Odlaganje zemljišta u nasip	0,50 €
Kupovina agregata (1,5 t/m ³ x 4 €/t)	6,00 €	Kupovina kreča/veziva (3% 1,7 t/m ³)	4,59 €
Transport agregata do gradilišta (3 €/t x 1,5 t/m ³)	4,50 €	Mešanje & rasprostiranje & ravnanje i zbijanje	3,50 €
Riperovanje & zbijanje agregata	2,00 €	Riperovanje & zbijanje agregata	2,00 €
UKUPNO	20,15 €	UKUPNO	13,59 €

Izvor: informacije sa tržišta

Ova vrsta računice troškova se preporučuje za svaki projekat posebno. Uštede od preko 60% u poređenju sa tradicionalnim metodom su uobičajene i česte.

8. ZAKLJUČAK

Upotreba kreča/krečnog veziva u stabilizaciji zemljišta u putogradnji je dokazana metoda. Koncept mešanja sa glinovitim zemljištem, dobijajući trajne osnovne materijale, je prihvaćen širom sveta.

Ovaj koncept se može iskoristiti i za mešanje zemljišta i prljivih agregata u stacionarnoj mešalici, kako bi se dobio materijal pogodan za nasipanje ili zbijanje i upotrebu u putogradnji.

Literatura:

1. National Lime Association, Mixture Design and Testing Procedures, for LimeStabilized Soil, www.lime.org, October 2006
2. National Lime Association, Lime Treated Soils save Money & Time, www.lime.org, 2005
3. Dallas N. Little, F.A.M. Shafee Yusuf, Example problem illustrating the application of the National Lime Association Mixture Design and Testing Protocol (MDTP), www.lime.org, September 2001
4. Dallas N. Little, Stabilization of pavement subgrades and base courses with lime, Kendall/Hunt publishing Company, Dubuque, Iowa 52002, 1995
5. Fediex, section lime, Soil Treatment using Lime, www.chauxflash.be
6. Service d'Etudes techniques des routes et autoroutes SETRA - Guide Technique – Traitement des sols la chaux et/ou aux liants hydrauliques, République Française, Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement, septembre 2007
7. AASHTO M 145: Standard Specifications for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
8. ASTM D3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
9. AFNOR NF 94-055: Détermination de la teneur pondérale en matières organiques d'un sol - méthode chimique
10. UNI 8520 Parte 11: Determinazione del contenuto in Solfati
11. EN 459- : Building lime
12. EN 459- : Building lime – Test methods
13. EN 14227-1 : Hydraulically bound mixtures - Specifications - Part 11: Soil treated by lime
14. ASTM D6276 - 99a(2006)e1 : Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil- Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization:
15. prEN 13286-2: Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 2: Test method for the determination of the laboratory reference density and water content – Proctor compaction
16. prEN 13286-41: Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 41: Test method for the determination of the compressive strength of hydraulically bound mixtures
17. prEN 13286-4: Unbound and hydraulically bound mixtures. Test method for the determination of California bearing ratio, immediate bearing index and linear swelling
18. prEN 13286-50: Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 50: Methods for making test specimens using proctor equipment or vibrating table compaction

Mr. Christophe Denayer: christophe.denayer@carmeuse.com

19. AASHTO T 222 and ASTM D 1196: Standard Method of Test for Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements

TASKS, FUNCTIONS AND LEVELS OF COMMUNAL WASTE MANAGEMENT

Prof. d-r Ivo Dukoski, d-r Nikolche D. Talevski, m-r Toni Peterski
divo@t-home.com, postdiplomec@yahoo.com, amdkicevo@yahoo.com
 University St. Kliment Ohridski – Bitola,
 Technical Faculty,
 Transportation department,
 - Specialization about road traffic and transportation-

Abstract

The communal waste management is inconceivable process without clearly précised tasks, functions and levels. These represented in one operative, differentiating and dispositive way, are unique part of this paper. This clearly and unambiguously leads to quality in forming of model and strategy about communal waste management. The all-inclusive view on things always gives results. That all-inclusive view is represented in this paper.

Key words: communal waste, tasks, functions, levels, model, strategy.

Introduction

In this paper one managerial approach will be explained and one algorithm prepared by the authors will be presented. For each concrete action, tasks, functions and levels will be enumerated. They will be represented in the further headings.

The aim of this paper is to represent the operative, differentiating and dispositive tasks, functions and levels of communal waste management. Additional aim will be the represented parts of the communal waste management.

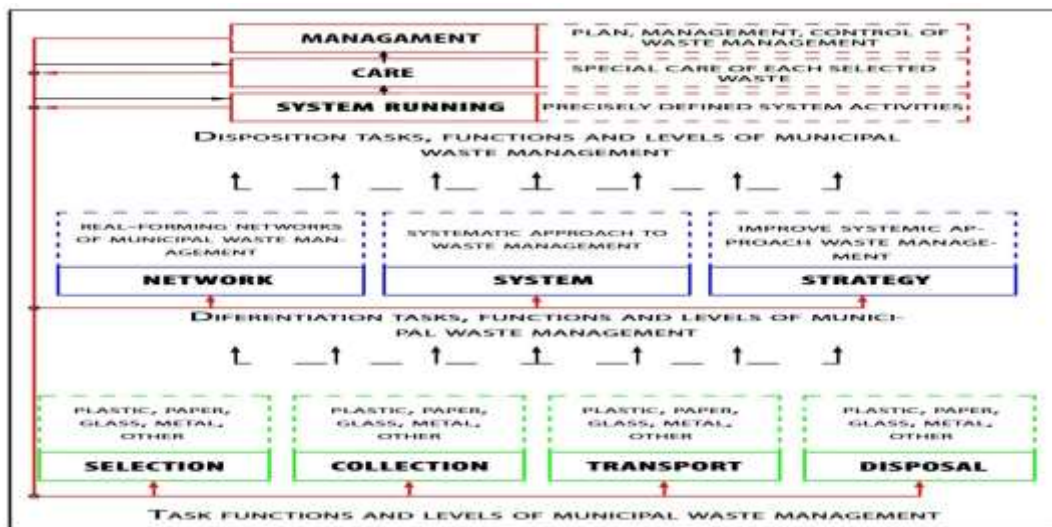


Figure number 1. Tasks, functions and levels of communal waste management
 Prepared by the authors

Operative tasks, functions and levels (selection, collection, transportation and depositing)

Operative tasks, functions and levels are tasks, functions and levels that appear at the basic level of communal waste management. That would be represented in the following way. In their scope these operative activities for communal waste management would be selection, collection, transportation and depositing of the communal waste. These activities are happening at operative basic level after already communal waste is created, in other words first of all these quoted activities are undertaken.

Transportation of the communal waste - tasks

Compulsory selection of the communal waste at

- Communal waste that cannot be processed, and
- Communal waste that can be processed (plastic waste, paper waste, glass waste, metal waste).

Compulsory usage of special vessels for selection of the communal waste.

Transportation of the communal waste - functions

Compulsory observing to the legal regulations that follow the communal waste management.

Compulsory observing to the strict requests that come out of the nature (non- polluting and maintaining the cleanliness at one higher level).

Exact precision of the operation rules that follow the communal waste management and meeting the requests for technical correctness of the vehicles and not endangering the traffic.

Transportation of the communal waste - levels

First level: taking over the communal waste from the place where it is collected (most often that is apartment or house).

Second level: efficient and effective transportation through the anticipated routes of movement.

Third level: transportation at the shortest road to (reloading center, purchasing center or depositing tray), or by determined road with another principle.

Depositing of the communal waste – tasks

Compulsory depositing of the communal waste that cannot be processed.

Compulsory usage of buildings for receipt of the communal waste that can be processed (plastic waste, paper waste, glass waste, metal waste).

Compulsory keeping up control about quantities of deposited communal waste.

Compulsory keeping up control about quantities of accepted communal waste that can be processed (plastic waste, paper waste, glass waste, metal waste).

Depositing of the communal waste - functions

Compulsory observing to the legal regulations that follow the communal waste management.

Compulsory observing to the strict requests that come out of the nature (non- polluting and maintaining the cleanliness at one higher level).

Compulsory observing to the strict legal regulations that are valid for the depositing tray.

Compulsory observing to the legal regulations that are valid for the centers (or the enterprises) for acceptance of the communal waste that can be processed (plastic waste, paper waste, glass waste, metal waste).

Depositing of the communal waste - levels

First level: level of start of the transportation.

Second level: level of transportation.

Third level: level after the transportation.

Remark: Washing of the vehicles for collection of selected communal waste (once a day).

In this way presented the operative tasks, functions and level of communal waste management give one clear picture that although these activities are on one basic level, they require all-inclusive treatment. Here in this part clearly are determined also the main specifics of each action and only with this kind of approach of seeing the works in future we could offer higher standards and improvements of the complete process of communal waste management.

Differentiating tasks, functions and levels (networks, systems and strategies)

The differentiating tasks, functions and levels are tasks, functions and levels that appear in the second level of communal waste management. In their scope these differentiating actions about communal waste management would be forming of networks, forming of system and forming of strategy about communal waste management. These actions are happening on one higher level after the created communal waste is already collected, in other words these actions are undertaken when the communal waste already is a problem that must be solved.

Forming of networks of communal waste management – tasks

Compulsory defining of networks by which the communal waste will be collected and transported (the selected communal waste and the other communal waste).

Compulsory determining of the way by which the networks will be formed.

- Networks that are found on one road direction,
- Networks that should meet one whole region (are found on different road directions),
- Networks that are part of two or more regions,

Compulsory precision of the time of servicing the network.

Forming of networks of communal waste management – functions

Compulsory observing to the legal regulations that follow the communal waste management.

Compulsory respecting the laws, rules and also the traffic regulations that are governed on the road and the traffic regulations that are imposed by the state.

Compulsory observing to the strict requests that come out of the nature (non- polluting and maintaining the cleanliness at one higher level) everywhere where exists networks for communal waste management.

Forming of networks of communal waste management – levels

First level: networks for communal waste management at highways and main roads directions.

Second level: networks for communal waste management at level of municipal road directions.

Third level: networks for communal waste management at level of town.

Fourth level: networks for communal waste management at level of settlements and inhabited places.

Forming of system about communal waste management – tasks

Compulsory defining of the subjects that will perform the communal waste management.

Compulsory determining the way and the rules by which complete process of communal waste management will take place.

Compulsory precision of the economic indicators necessary about systematic communal waste management.

Forming of system about communal waste management – functions

Compulsory respect of the complete legal regulation in the state.

Compulsory observing to the economic indicators (what is wanted to be obtained, what are the possibilities, and how much is necessary for that to be realized) about the communal waste management.

Compulsory and correctly to be précised the role of the man in each part of the communal waste management, and

Compulsory to be précised all buildings that are on disposal for communal waste management (in the state, municipality, enterprise, network, depositing tray e.t.c.).

Forming of system about communal waste management – levels

First level: System at global level (World level, where the resolutions of the United States for communal waste management are valid).

Second level: System of geographically defined region (Continental level where the directives of the European Union for communal waste management are valid, and for the other continents their regulations are valid).

Third level: System of regionally defined geographical region (Level of a peninsula, island or union of two or more states where the bilateral contracts between the states for communal waste management are valid).

Fourth level: State system (Level of state where laws, regulations and rules of the state for communal waste management are valid). This level comprises also two sublevels where the same laws are valid. First sublevel: Sublevel of a region, and Second sublevel, Sublevel of a municipality (town).

Forming of a strategy for communal waste management – tasks

Compulsory defining of all that is wanted to be obtained with different approach toward the communal waste management.

Compulsory precision of the area where the communal waste management will be done.

Compulsory precision of the time when will be done the communal waste management.

Compulsory precision of each that will participate in the communal waste management.

Compulsory preparing of analyses, plans and calculations of any nature (economic, ecological, technical, technological and other).

Compulsory precision of the necessity of human resources in the communal waste management.

Forming of a strategy for communal waste management – functions

Compulsory observing to the strategy for communal waste management in the frame of the state laws.

Compulsory respect of the standards that govern in the world and in the state about communal waste management.

Compulsory precision of the time terms for preparing, start, realization and complete implementation.

Forming of a strategy for communal waste management – levels

First level: World strategy about communal waste management.

Second level: Continental strategy about communal waste management.

Third level: Regional strategy about communal waste management.

Fourth level: State strategy about communal waste management (in its scope are the strategies of regional and municipal level).

In this way represented the differentiating tasks, functions and levels of communal waste management give one clear picture that these actions are on one higher level and require also the all-inclusive treatment. Here in this part clearly are defined also the main specifics of each action and only with one approach of this kind of viewing the things in future we could offer higher standards and improvements of the complete process of communal waste management. At the same time with this kind of systematic viewing the things the future strategies about communal waste management will have weight for placing of higher standards which is desired aim when something is wanted to be improved.

Dispositive tasks, functions and levels (management, taking care of it and systematical keeping files)

The dispositive tasks, functions and levels are tasks, functions and levels that appear at highest level of communal waste management. That would be represented in the following way. In their scope these dispositive actions about communal waste management would be managing, taking care of and systematical keeping files in the communal waste management. These actions are happening at the highest level since already the strategy for communal waste is created and is defined the system for communal waste management, in other words these actions are undertaken when one wants to solve the problem in one standardized frame where strict rules and regulations with legal solutions are valid.

Management of communal waste managing - tasks

Compulsory monitoring of the state of communal waste management permanently (from the beginning to the end).

Compulsory hierarchical controlling of the process of communal waste management.

Compulsory communication with the complete surrounding (political, economical, business, cultural and other).

Compulsory economic keeping files of the communal waste management, and its future maintainable anticipation.

Management of communal waste managing - functions

Compulsory observing to the legal regulations that follow the communal waste management.

Compulsory respect of the strict standards that follow the communal waste management.

Compulsory observing to the strict requests that come out of the nature which for every inhabited place is unique.

Management of communal waste managing - levels

First level: United Nations – Committee for management with the Ecology and Transportation (waste subcommittee).

Second level: European Union – Secretariat for Protection of the Environment (waste subsection).

Third level: State – Ministry in composition of the Government (Responsible about communal waste management).

Fourth level: Region / Municipality – Area ministries in composition of the Government.

Taking care of the communal waste - tasks

Compulsory selective taking care of the communal waste.

Compulsory précised places about taking care of the communal waste (depositing trays, reloading places e.t.c.).

Compulsory economically justified keeping files about taking care of the communal waste.

Taking care of the communal waste - functions

Compulsory observing to the legal regulations that follow the communal waste management.

Compulsory respect of the strict standards that follow the communal waste management.

Compulsory observing to the strict requests that come out of the nature which for every inhabited place is unique.

Taking care of the communal waste - levels

First level: Taking care for the communal waste at level of inhabited place (reloading place or reloading station).

Second level: Taking care for the communal waste at level of town/municipality (city depositing tray for unselected communal waste and purchasing centers for selected communal waste).

Third level: Taking care at level of region (regional depositing tray for unselected communal waste and regional centers for purchase of selected communal waste).

Fourth level: Taking care for the communal waste at level of state (special conditions for this kind of communal waste).

Fifth level: Taking care for the waste that is created at regions and the whole continent is by the most strict rules and for this kind of taking care for the communal waste must exist a written document.

Systematic keeping files during communal waste management - tasks

Compulsory respect of the above mentioned tasks (from the beginning to the end).

Systematic keeping files during communal waste management - functions

Compulsory observing to and respecting of all legal regulations that follow the communal waste management.

Systematic keeping files during communal waste management - levels

The above mentioned levels are also levels that consist of the systematic keeping files of the communal waste and its management.

Placed in this way the dispositive tasks, functions and levels of communal waste management give one clear picture that these actions are on a highest level and require also all-inclusive treatment, and respect of all that was previously presented. Here also must be pointed out that the levels are reviewed by opposite order from lower to higher level. At the same time with this kind of managerial viewing the things the future strategies about communal waste management will have weight for placement of higher standards which is also a desired aim when someone wants to improve something, but also will respect all requests that come out of the very area and will be in real time momentum.

Conclusion

From this paper it could be concluded that the communal waste management is a serious phenomenon. Its seriousness is seen in that for each task, function and level it is necessary reviewing of one more group of elements. Linking of these segments is strenuous and serious approach that requires very much knowledge. But not always only knowledge but also respecting

of certain legal regulations and rules and also permanent monitoring of their changes. And at the end the application of mathematical tools for the needs of this phenomenon in the creation of model and strategy additionally could go toward the statement that this phenomenon is of interest which from managerial and also from scientific point of view is a field that always could be build onto and improved. With one word it could be concluded that always this phenomenon must, could and should be in the center of interest of the state, municipalities, enterprises as managers with the communal waste, and also the citizens as consumers of these services.

REFERENCES

[1] Doctoral Dissertation of the d-r Nikolche Talevski under title: Logistic model about strategic communal waste management at the level of regions in Republic of Macedonia, University St. Kliment Ohridski of Bitola, Technical Faculty of Bitola, October 2015.

[2] R. Larry, „Project management step-by-step“, Broadway, New York,USA, 2002

[3] M. Hesse, „Land for Logistics: Locational Dinamics Real estate markets and political regulations of regional distribution complexes“, Royal Dutch Geographical Society KNAG, Berlin, Gemany, 2003

VRSTE OTPADA KOJE SE GENERIŠU U TOKU IZGRADNJE I KORIŠĆENJA PUTEVA I MERE ZBRINJAVANJA I POSTUPANJA SA GRAĐEVINSKIM OTPADOM

Titomir Obradović¹, Radmila Šerović²,
Dragana Jelesić³, Siniša Stojković⁴, Zoran Veljković⁵

^{1,3} "Expert – Inženjering" d.o.o. Šabac, e-mail: expertinzenjering@gmail.com

^{2,4,5} Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,
e-mail: radmila.serovic@eko.minpolj.gov.rs sinisa.stojkovic@eko.minpolj.gov.rs;
zoran.veljkovic@eko.minpolj.gov.rs

Abstrakt: U toku izgradnje puteva nastaje građevinski otpad. Pored građevinskog otpada dolazi i do nastanka određene količine mešovitog komunalnog otpada usled prisustva radnika na gradilištu, kao i otpadne ambalaže. Takođe, u toku korišćenja i održavanja puteva nastaju: muljevi iz separatora ulje/voda, zauljene vode iz separatora ulje/voda, ostaci betona prilikom izvođenja radova na rehabilitaciji, ostaci asfalta prilikom izvođenja radova na rehabilitaciji.

Najvećim delom (95%) građevinski otpad je inertan otpad (zemlja i kamenje iz iskopa, malter, razbijeni beton, gvožđe, čelik, obojeni metali, drvo, plastika, papir i dr.), a može biti i opasan, na primer, bitumenozne mešavine koje sadrže katran od uglja i dr.

Procenu količine građevinskog otpada moguće je izvršiti kada se uradi Glavni projekat sa specifikacijom radova, vrsta i količina materijala koji će se koristiti prilikom izgradnje. Za materijale koji će se pojaviti u većim količinama mora se voditi evidencija i upisivati količine u građevinski dnevnik.

U radu su prikazani osnovni ciljevi i opcije upravljanja građevinskim otpadom, razvrstavanje otpada, metode ponovnog iskorišćenja otpada i mogućnosti ponovne upotrebe građevinskog otpada iz niskogradnje nakon postupka recikliranja, mere zbrinjavanja ambalažnog otpada i mere postupanja sa posebnim vrstama građevinskog otpada.

Ključne reči: izgradnja puteva, građevinski otpad, upravljanje građevinskim otpadom, mere zbrinjavanja i postupanja

TYPES OF WASTE GENERATED IN CONSTRUCTION AND USE OF ROADS AND METHODES OF DISPOSAL AND TREATMENT OF CONSTRUCTION WASTE

Titomir Obradović¹, Radmila Šerović²,
Dragana Jelesić³, Siniša Stojković⁴, Zoran Veljković⁵

^{1,3} "Expert – Inženjering" d.o.o. Šabac, e-mail: expertinzenjering@gmail.com

^{2,4,5} Ministry of Agriculture and Environmental Protection,
e-mail: radmila.serovic@eko.minpolj.gov.rs sinisa.stojkovic@eko.minpolj.gov.rs;
zoran.veljkovic@eko.minpolj.gov.rs

Abstract: During the construction of roads, construction waste is generated. In addition to construction waste, a certain amount of mixed municipal waste arises due to the presence of workers on the construction site, as well as waste packaging. Also, during the use and maintenance of roads, there are: sludges from the oil / water separator, oil / water separators from the separator, concrete residues during the rehabilitation work, asphalt remains during the rehabilitation work.

The largest part (95%) of construction waste is inert waste (earth and rocks from excavation, mortar, broken concrete, iron, steel, non-ferrous metals, wood, plastics, paper etc.), and it can also be hazardous, for example, bituminous mixtures containing coal tar and others.

The estimation of the amount of construction waste can be done when the main design is made with the specification of the works, the types and quantities of materials that will be used during the construction. For materials that will appear in larger quantities, records must be kept in the enumeration of quantities in the building log.

The paper presents the basic objectives and options for waste management, waste sorting, methods of recycling waste and the possibility of reuse of construction waste from civil engineering after the recycling process, measures for the disposal of packaging waste and the treatment of special types of construction waste.

Keywords: Construction of roads, construction waste, construction waste management, measures of disposal and treatment

1. UVOD

Sledeća regulativa se odnosi na upravljanje otpadom:

- Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019.godine („Službeni glasnik RS“, broj 29/10);
- Zakon o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS“, broj 36/09, 88/10 i 14/16);
- Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu („Službeni glasnik RS“, broj 36/09);
- Uredba o odlaganju otpada na deponije („Službeni glasnik RS“, broj 92/10);
- Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik RS“, broj 135/04, 36/09, 72/09, 43/11-odluka US i 14/16);
- Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Sl. glasnik RS" br. 56/10);
- Direktive EU iz oblasti upravljanja otpadom.

Izrada planske i tehničke dokumentacije iz oblasti putnog sektora, kao i njihove procene uticaja na životnu sredinu regulisana je brojnim propisima Republike Srbije. [1].

Prva grupa se odnosi na propise kojima se reguliše izrada planske i tehničke dokumentacije. Ključni zakon za izradu planske i tehničke dokumentacije je Zakon o planiranju i izgradnji („Sl.glasnik RS“, br. 72/09, 81/09-ispr., 64/10 US i 24/11), kojim se između ostalog, reguliše i obim i sadržaj prostornih, urbanističkih planova i tehničke dokumentacije.

U skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji kroz lokacijske uslove propisuju se i obavezni uslovi za zbrinjavanje građevinskog otpada. Uz zahtev za izdavanje građevinske dozvole trebalo bi priložiti i Plan upravljanja otpadom koji sadrži vrste otpada, procenjene količine i načine zbrinjavanja, kao sastavni deo Projekta za građevinsku dozvolu. U cilju smanjenja i izbegavanja pojave opasnih kategorija otpada u građevinskom otpadu neophodno je već kod samog projektovanja građevinskih objekata predvideti ugradnju materijala čiji ostaci ne spadaju u kategoriju opasnog otpada.

Drugu grupu propisa čini zakonska regulativa iz oblasti zaštite životne sredine. Izrada procene uticaja na životnu sredinu prostornih i urbanističkih planova, radi obezbeđivanja zaštite životne sredine i unapređivanja održivog razvoja integrisanjem osnovnih načela zaštite životne sredine u postupak pripreme i usvajanja planova i programa, je regulisana Zakonom o strateškoj proceni uticaja („Sl. glasnik RS“, br. 135/09 i 88/10), Zakonom o proceni uticaja na životnu sredinu („Sl.glasnik RS“, br. 135/04 i 36/09) reguliše da se za projekte za koje je utvrđena obaveza pribavljanja saglasnosti na Studiju o proceni uticaja na životnu sredinu, u Studiji propišu obavezujuće mere upravljanja građevinskim otpadom.

Zakonom o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS“, broj 36/09, 88/10 i 14/16), u sklopu integralnog sistema upravljanja otpadom, regulisano je i upravljanje građevinskim otpadom.

Direktivom o opasnom otpadu 91/689/EEC izmenjena i dopunjena Direktivom Veća 94/31/EC definisane su mere koje se, uz Okvirnu direktivu o otpadu, moraju primeniti kad se radi o opasnom otpadu. Otpad je definisan kao opasan ako se pojavljuje na Popisu opasnog otpada utvrđenog Odlukom Veća 2000/532/EZ. Kao generalno pravilo Direktiva navodi zabranu mešanja različitih kategorija opasnog otpada, odnosno, mešanje opasnog i neopasnog otpada. Isto se odnosi i na različite kategorije građevinskog otpada.

2. VRSTE OTPADA KOJE NASTAJU PRI IZGRADNJI I KORIŠĆENJU PUTEVA

Vrste materijala koje se mogu javiti u građevinskom otpadu zavise od vrste građevinskog objekta, obima radova i da li se objekat gradi, rekonstruiše ili ruši.

U građevinski otpad spadaju:

- zemlja, pesak, šljunak, glina, ilovača, kamen kao posledica zemljanih radova i iskopa tla;
- bitumen (asfalt), ili cementom vezani materijal, pesak, šljunak, drobljeni kamen kao posledica građenja objekata niskogradnje;
- beton, opeka, malter, gips, gasbeton, prirodni kamen kao posledica izvođenja objekata visokogradnje;
- drvo, plastika, papir, karton, metal, kablovi, boja, lak i drugi mešani otpad na gradilištu kao posledica ostalih građevinskih operacija.

U građevinskom otpadu mogu se pojaviti opasne materije koje zahtevaju poseban tretman. Osim različitih primesa koje građevinski otpad čine opasnim. Međutim, u toku izgradnje puteva ne očekuje se nastajanje građevinskog otpada koji može biti kontaminiran azbestom (17 06).

2.1. Vrste i poreklo građevinskog otpada koje nastaju u toku izgradnje puteva

Građevinski otpad nastaje u procesima:

- gradnje
- rušenja građevina
- rekonstrukcije građevina.

Vrste građevinskog otpada detaljno su specificirane u Prilogu 1: Katalog otpada, Pravilnika o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS" br. 56/10). [2].

Prilikom izgradnje i korišćenja puteva doći će do produkcije otpada, koji se može razvrstati u sledeće osnovne grupe i sledećeg porekla prikazanom u tabeli.

Tabela 1. Vrste otpada i poreklo otpada

Vrsta otpada		Poreklo otpada
Grupa otpada	Naziv otpada	
13	Otpadna ulja i otpad od tečnih goriva (osim jestivih ulja i onih iz poglavlja 05, 12 i 19)	Otpad nastaje prilikom korišćenja puteva separatorima za tretman otpadnih voda sa kolovozne površine
15	Otpadi od ambalaže; apsorbenti, krpe za brisanje, materijali za filtriranje i zaštitne tkanine, ako nije drugačije specificirano u katalogu	Prilikom izgradnje puteva nastajće određena količina ambalažnog otpada kao posledica korišćenja materijala kao i zauljenih krpi, apsorbenasa, zaštitne odeće
17	Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju sa kontaminiranih lokacija)	Otpad koji nastaje kao posledica izvođenja građevinskih radova na izgradnji puteva
20	Komunalni otpad (kućni otpad i slični komercijalni i industrijski opadi), uklj.i odvojeno sakupljene frakcije	Komunalni otpad koji će nastajati usled prisutva radnika na gradilištu tokom izgradnje puteva

Izvor: Prilog 1: Katalog otpada, Pravilnika o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Sl. glasnik RS" br. 56/10)

Vrste građevinskog otpada, čija nastajanje se očekuje u toku izgradnje puteva su:

- Beton, cigla, crep i keramika - iz podgrupe 17 01:
 - beton - indeksni broj iz kataloga otpada 17 01 01
- Drvo, staklo i plastika - iz podgrupe 17 02:
 - drvo - indeksni broj iz kataloga otpada 17 02 01,
 - staklo - indeksni broj iz kataloga otpada 17 02 02,
 - plastika - indeksni broj iz kataloga otpada 17 02 03,
- Bitumenozne mešavine, katran i katranski proizvodi - iz podgrupe 17 03:
 - bitumenozne mešavine koje sadrže katran od uglja (ostaci asfalta) - indeksni broj iz kataloga otpada 17 03 01*,
 - bitumenozne mešavine (ostaci asfalta) drugačije od onih navedenih u 17 03 01*- indeksni broj iz kataloga otpada 17 03 02,
 - katran od uglja i katranski proizvodi - indeksni broj iz kataloga otpada 17 03 03*,
- Metali (uključujući i njihove legure) - iz podgrupe 17 04:
 - aluminijum - indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 02,
 - gvožđe i čelik - indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 03,
 - mešani metali - indeksni broj iz kataloga otpada 17 04 07,
- Zemlja (uključujući zemlju iskopanu sa kontaminiranih lokacija), kamen i iskop - iz podgrupe 17 05:
 - Zemlja i kamen koji sadrže opasne supstance - indeksni broj iz kataloga otpada 17 05 03*,
 - Zemlja i kamen drugačiji od onih navedenih u 17 05 03*- indeksni broj iz kataloga otpada 170504,
 - Iskop koji sadrži opasne supstance - indeksni broj iz kataloga otpada 17 05 05*,
 - Iskop drugačiji od onog navedenog u 17 05 05*- indeksni broj iz kataloga otpada 17 05 06,
 - otpad koji spada sa gusenica koji sadrži opasne supstance - indeksni broj otpada 17 05 07*,
 - otpad koji spada sa gusenica drugačiji od onog navedenog u 17 05 07 - indeksni broj iz kataloga otpada 17 05 08,
- Ostali otpadi od građenja i rušenja - iz podgrupe 17 09:
 - mešani otpad od građenja i rušenja drugačiji od onih navedenih u 17 09 01, 17 09 02 i 17 09 03 - indeksni broj iz kataloga otpada 17 09 04,

Pored građevinskog otpada doći će do nastanka i određene količine otpadnih ulja, otpadne ambalaže i mešovitog komunalnog otpada koji se u skladu sa Pravilnikom mogu sistematizovati:

Vrste otpada koje se generišu u toku izgradnje i korišćenja puteva i mere zbrinjavanja i postupanja sa građevinskim otpadom

- Otpadna motorna ulja za menjače i podmazivanje - iz podgrupe 13 02:
 - sintetička motorna ulja, ulja za menjače ipodmazivanje - indeksni broj otpada 13 02 06*,
 - sintetička motorna ulja, ulja za menjače ipodmazivanje - indeksni broj otpada 13 02 06*,
- Ambalaža (uključ. posebno sakupljenu ambalažu u komunalnom otpadu) - iz podgrupe 15 01 i 15 02:
 - papirna i kartonska ambalaža - indeksni broj iz kataloga otpada 15 01 01,
 - Plastična ambalaža - indeksni broj iz kataloga otpada 15 01 02,
 - Apsorbenti, filterski materijali (uključujući filtere za ulje koji nisu drugačije spedicirani), krpe za brisanje, zaštitna odeća, koji su kontaminirani opasnim supstancama - - indeksni broj iz kataloga otpada 15 02 02*,
- Otpadna motorna ulja za menjače i podmazivanje - iz podgrupe 13 02:
 - sintetička motorna ulja, ulja za menjače ipodmazivanje - indeksni broj otpada 13 02 06*,
- Ostali komunalni otpadi – iz podgrupa 20 03
 - mešani komunalni otpad - indeksni broj iz kataloga otpada 20 03 01,

Od ukupno nastalog otpada preko 95 % čini neopasan i inertan otpad (zemlja i kamen iz iskopa, malteri, razbijeni beton, gvožđe, čelik, legure, drvo, plastika, papir i dr.), mešani komunalni otpad a može biti i opasan, na primer: ostaci asfalta, otpadna ulja, otpadna ambalaža u kojoj su bile upakovane opasne supstance.

2.3. Vrsta otpada u toku korišćenja puteva

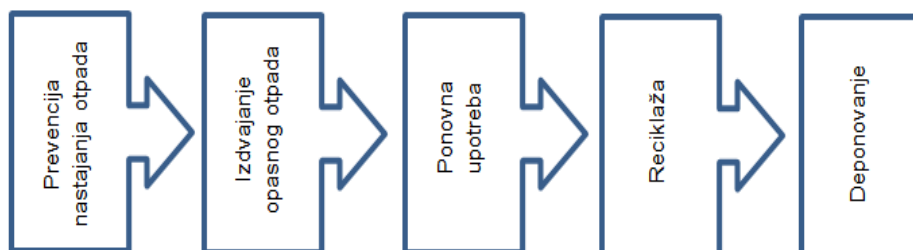
U toku korišćenja puteva nastajace sledeće vrste otpada:

- Sadržaj separatora ulje/voda - iz podgrupe 13 05: (iz tretmana atmosferskih otpadnih voda) [1]
 - muljevi iz separatora ulje/voda - indeksni broj iz kataloga otpada 13 05 02*,
 - ulja iz separatora ulje/voda - indeksni broj iz kataloga otpada 13 05 06*,
- Beton, cigla, crep i keramika - iz podgrupe 17 01:
 - ostaci betona prilikom izvođenja radova na rehabilitaciji- indeksni broj otpada 17 01 01,
- Bitumenozne mešavine, katran i katranski proizvodi - iz podgrupe 17 03:
 - bitumenozne mešavine koje sadrže katran od uglja (ostaci asfalta) - indeksni broj otpada 17 03 01*.

3. OSNOVNI CILJEVI UPRAVLJANJA GRAĐEVINSKIM OTPADOM

Osnovni ciljevi upravljanja građevinskim otpadom, definisani modifikovanomopštom hijerarhijom upravljanja otpadom su:

- Minimiziranje i prevencija nastajanja građevinskog otpada kao najpoželjnija opcija hijerarhije upravljanja otpadom.
- Priprema za ponovnu upotrebu izdvajanjem svih vrsta građevinskog otpada koji sadrže opasne materije i njihovo zbrinjavanje u skladu sa zakonskim aktima za odlaganje opasnog otpada.
- Odvajanje građevinskog otpada na mestu nastajanja uključujući i ambalažni građevinski otpad.
- Ponovno korišćenje neopasnog otpada, odnosno direktna aplikacija materijala iz iskopa i drobljenog materijala kao tampona u izgradnji puteva, kao dnevne prekrivke komunalnog otpada na sanitarnim deponijama i sl.
- Reciklaža građevinskog otpada.
- Odlaganje građevinskog otpada na odlagališta odlagališta inertnog otpada u sklopu regionalnih deponija ili posebno uspostavljenih odlagališta građevinskog otpada, ili plansko odlaganje inertnog materijala na privremena odlagališta uz trase puteva u izgradnji, itd.

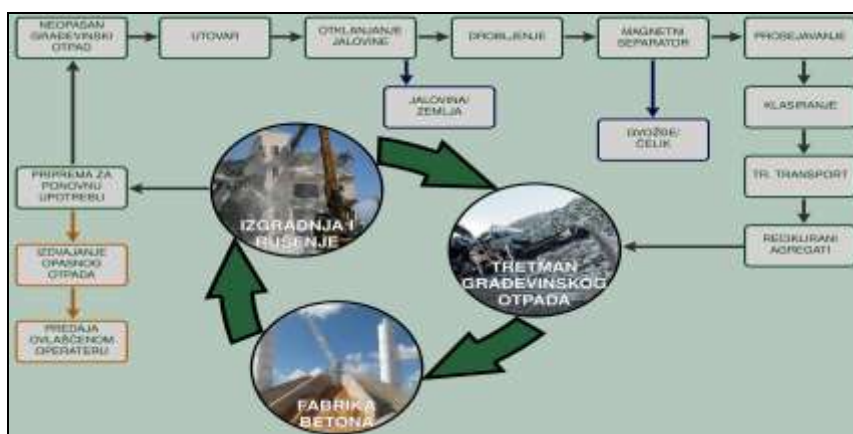


Slika 1. Hijerarhija upravljanja građevinskim otpadom [3]
(Izvor: Lokalni plan upravljanja otpadom grada Šapca, Expert inženjering d.o.o. Šabac 2010)

Prevenција otpada, odnosno miniiziranje stvaranja otpada ostaje najpoženija opcija i u hijerarhiji upravljanja građevinskim otpadom.

Sledeća opcija upravljanja građevinskim otpadom, je priprema građevinskog otpada za ponovnu upotrebu, koja podrazumeva obavezno izdvajanje opasnih supstanci iz kontaminiranog građevinskog otpada.

Kako u sastavu građevinskog otpada, sa velikim procentualnim udelom učestvuje neopasan materijal, koji se može reciklirati, sledeća opcija u hijerarhiji upravljanja građevinskim otpadom je reciklaža.



Slika 2. Blok dijagram reciklaže neopasnog građevinskog otpada [4]

(Izvor: Radni plan postrojenja upravljanja građevinskim otpadom, Expert inženjering d.o.o. Šabac 2016)

Odlaganje otpada je poslednja i najmanje poželjna opcija u upravljanju građevinskim otpadom. Odlaganje građevinskog otpada može se vršiti privremeno u kontejnere postavljene uz gradilište. Kontejneri za različite vrste građevinskog otpada moraju biti izrađeni na način kojim se omogućava odvoženje otpada bez pretovara u postrojenja za dalji tretman.

Sve vrste inertnog građevinskog otpada, koji se ne može ponovo upotrebiti, i prikupljenog komunalnog otpada treba odvoziti na trajna odlagališta na osnovu ugovorne obaveze sa Investitorom i u saradnji sa nadležnim komunalnim preduzećem.

U cilju sakupljanja i zbrinjavanja komunalnog otpada, na gradilištu je potrebno postaviti kontejnere, i sklopiti ugovor sa ovlašćenim operaterom o preuzimanju i daljem zbrinjavanju ove vrste otpada.

3. METODE TRETMANA ILI ODLAGANJA

Način i postupke zbrinjavanja, ponovne upotrebe i skladištenja građevinskog otpada uređuju se posebnim Planovima upravljanja građevinskim otpadom. Zbrinjavanje građevinskog otpada se može sprovesti na sledeći način:

Jednoversni građevinski otpadi:

- Asfaltni lom i mešani asfaltni lom s betonskim lomom treba prikupljati i reciklirati u stalnim asfaltnim i betonskim bazama ili na mobilnim postrojenjima za tretman ove vrste otpada.
- Kameni otpad treba prikupljati i reciklirati u stalnim kamenolomima sa drobilničnim postrojenjima,
- Papir, staklo, plastika predaju se ovlašćenim operaterima za sakupljanje i tretman otpada.

Mešani građevinski otpadi:

- Raznoversni građevinski otpad može se odlagati na deponijama inertnog otpada sa ili bez naknadnog razdvajanja,
- Betonski lom sa značajnim udelom ostalih građevinskih materijala može se odlagati na deponiju inertnog otpada i reciklažnim dvorištima,
- Lom cigle i crepa pomešan sa ostalim građevinskim materijalom može se odlagati na deponijama inertnog otpada i reciklažnim dvorištima.

Nakon recikliranja materijal se može primeniti za nasipanje terena planiranih za izravnavanje i uređenje, zatim za izvođenje podloga puteva, a posebno poljskih puteva, za izradu nasipa radi zaštite naselja itd.

Vrste otpada koje se generišu u toku izgradnje i korišćenja puteva i mere zbrinjavanja i postupanja sa građevinskim otpadom

U tabeli su prikazane neke mogućnosti ponovne upotrebe građevinskog otpada iz izgradnje puteva nakon postupka recikliranja.

Tabela 2. Mogućnosti ponovne upotrebe građevinskog otpada

Vrsta materijala	Poreklo	Primena
Reciklirani pesak	Izgradnja puteva	Podloga za postavljanje cevi pri izgradnji gasovoda, vodovoda i kanalizacije itd.)
Asfaltni lom	Izgradnja puteva	Gornji nosivi slojevi, donji nosivi slojevi, dodatni materijali za proizvodnju asfalta
Betonski lom	Izgradnja puteva, izgradnja mostova	Gornji nosivi slojevi, donji nosivi slojevi, cementom vezani nosivi slojevi, lokalni poljski putevi, dodatni materijali za proizvodnju betona, drenažni slojevi
Mešani asfaltni/betonski lom	Izgradnja puteva, parkirališta, izgradnja mostova	Gornji nosivi slojevi, donji nosivi slojevi, vezani nosivi slojevi, lokalnih putevi

4. MERE ZA ZBRINJAVANJE AMBALAŽNOG OTPADA

Pored odvajanja samog građevinskog otpada, neophodno je na kvalitetan način zbrinuti i ambalažni otpad koji se pojavljuje uz građevinske materijale.

Odvajanje, sakupljanje, reciklaža i ponovna upotreba ambalaže od građevinskog materijala sprovodi se odvojenim sakupljanjem na mestu nastajanja i nakon toga se sa ambalažnim otpadom postupa na način definisan propisima za tu vrstu otpada. Isključivo u slučajevima gde je takvo odvajanje ekološki i ekonomski neopravdano isti se se sakuplja zajedničkim kontejnerima i razvrstava u postrojenjima za sortiranje otpada.

5. MERE UPRAVLJANJA POSEBNIM KATEGORIJAMA GRAĐEVINSKOG OTPADA

U svrhu sprečavanja štetnog uticaja na životnu sredinu, sakupljanje, ponovnu upotrebu, zbrinjavanje i druge delatnosti u vezi s građevinskim otpadom koji sadrži ili je kontaminiran opasnim supstancama mora se na mestu nastanka, odnosno na mestu prikupljanja u svim slučajevima u kojima je to moguće, prethodno dekontaminirati u skladu s odgovarajućim propisima i zakonima.

Građevinskim otpadom kontaminiranim opasnim supstancama čija se produkcija očekuje u toku izgradnje puteva smatraju se:

- 13 02 06* otpadna sintetska ulja za motore, pogonske uređaje i podmazivanje,
- 15 02 02* apsorbeni, zauljene krpe,
- 17 03 01* mešavine bitumena koje sadrže katran od uglja,
- 17 03 03* katran od uglja i katranski proizvodi,
- 17 04 09* metalni otpad kontaminiran opasnim materijama.

Prema Zakonu o upravljanju otpadom, otpad koji se nalazi na spisku otpada u Prilogu 1: Katalog otpada, Pravilnika o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS" br. 56/10), kao opasan otpad ili otpad čiji sadržaj je nepoznat, smatra se opasnim dok se ne ustanovi da su bezopasni.

Predaja otpada ovlašćenom operateru za sakupljanje opasnog otpada i njegov dalji tretman do konačnog zbrinjavanja vrši se u skladu sa važećim podzakonskim aktom.

Konačna dispozicija odnosno tretman otpada koji je kategorisan kao opasan otpad mora biti osigurana ugovorom sa operaterom ovlašćenim za upravljanje opasnim otpadom koje će ovaj otpad preuzimati i propisno transportovati do mesta tretmana i posle do mesta konačne dispozicije.

6. ZAKLJUČCI

1. Generalno, u toku izgradnje puteva nastaje građevinski otpad, koji se neposredno na mestu nastanka može razvrstati u dve osnovne grupe:

- građevinski otpad čija je ponovna upotreba ili recikliranje jednostavnija u tehničko-tehnološkom smislu, a reciklirani materijali su tehnički primenljivi bez nekih posebnih ograničenja i
- mešani građevinski otpad čija je ponovna upotreba složena u tehničko-tehnološkom smislu, a reciklirani materijali su tehnički primenljivi kao materijali s unapred propisanim ograničenjima.

2. Ukoliko građevinski otpad sadrži supstancu koji se nalazi na listi opasnog otpada, takav materijal se izdvaja, posebno sakuplja, transportuje i predaje ovlašćenom operateru na tretman i konačno zbrinjavanje ove vrste opasnog otpada. Isti pristup se primjenjuje kod kontaminiranog zemljišta iz iskopa.

3. Od ukupno nastalog otpada preko 95 % čini neopasan i inertan otpad (zemlja i kamen iz iskopa, malteri, razbijeni beton, gvožđe, čelik, legure, drvo, plastika, papir i dr.), mešani komunalni otpad a može biti i opasan, na primer: ostaci asfalta, otpadna ulja, otpadna ambalaža u kojoj su bile upakovane opasne supstance.

4. Nakon izdvajanja opasnog otpada neke vrste otpadnih građevinskih materijala mogu se direktno aplicirati, odnosno ponovo upotrebiti za razne primene

5. Kako u sastavu građevinskog otpada, sa velikim procentualnim udelom učestvuje neopasan materijal, koji se može reciklirati, sledeća opcija u hijerarhiji upravljanja građevinskim otpadom je reciklaža. Reciklaža neopasnog građevinskog otpada podrazumeva uglavnom primenu mehaničkih operacija kao što su drobljenje, mlevenje i prosejavanje

6. Opasan otpad mora se predavati ovlašćenim operaterima za sakupljanje i tretman odgovarajuće opasnog otpada do konačnog zbrinjavanja u skladu sa važećim podzakonskim aktom. Tretman opasnog otpada podrazumeva primenu tehnologija kao što su fizičke, hemijske, termičke, biološke i dr.

LITERATURA

[1] Tehničko uputstvo o proceni uticaja na životnu sredinu za Putni sektor, JP "Putevi Srbije" Beograd, Beograd, decembar 2011.god., 66 strana.

[2] Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS" br. 56/10).

[3] Lokalni plan upravljanja otpadom grada Šapca, Expert inženjering d.o.o. Šabac, 2010. god.

[4] Radni plan postrojenja upravljanja građevinskim otpadom, Expert inženjering d.o.o. Šabac, 2016. god.

ISPITIVANJE SVOJSTAVA ELEKTROFILTERSKOG PEPELA U CILJU PRIMJENE U ASFALTNIM MJEŠAVINAMA

Katarina Mirković^{1,*}

¹Univerzitet Crne Gore; Građevinski fakultet, Bulevar Džordža Vašingtona b.b., 81000 Podgorica; Crna Gora

Goran Mladenović²

²Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija

Rezime: U radu su predstavljeni rezultati ispitivanja svojstava elektrofilterskog pepela iz termoelektrana TE „Gacko“, TE „Pljevlja“ i TE „Kosovo B“ kako bi se utvrdila njihova podobnost za primjenu u asfaltnoj mješavini AC 11s kao djelimične ili potpune zamjene za kameno brašno – filer. U eksperimentalnom dijelu rada su ispitane fizičko-mehaničke i hemijske osobine elektrofilterskih pepela: hemijski sastav elektrofilterskog pepela (SEM metoda), mineraloški sastav elektrofilterskog pepela (XRD metoda), sadržaj teških metala, stepen radioaktivnosti (gama-spektrometrijska analiza), prisustvo organskih materija, fizičko-mehanička svojstva, kao i fizičke karakteristike pepela. Rezultati izvršenih ispitivanja su pokazali da je primjena ispitivanih elektrofilterskih pepela u svrhu zamjene kamenog brašna u asfaltnim mješavinama moguća, bez rizika po ekološku bezbjednost.

Ključne riječi: elektrofilterski pepeo, asfaltna mješavina, fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike

TESTING OF FLY ASH PROPERTIES FOR THE APPLICATION IN ASPHALT MIXTURES

Katarina Mirković¹

¹University of Montenegro; Civil Engineering faculty, Bulevar Džordža Vašingtona b.b., Montenegro

Goran Mladenović²

²University of Belgrade, Civil Engineering faculty, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia

Abstract: This paper presents the results obtained after testing the characteristics of fly ash from thermal power plants TPP “Gacko”, TPP “Pljevlja” and TPP “Kosovo B” in order to investigate whether it is suitable for use in the asphalt mixture AC11s as a partial or complete substitution for stone filler. In the experimental part of this study, the following features of fly ash were examined: chemical composition of fly ash (SEM method), mineral composition of fly ash (XRD method), content of heavy metals, radiation level (gamma-spectrometric analysis), presence of organic matter, physical and mechanical characteristics, and physical characteristics of ash. The results of the performed tests showed that the use of the tested fly ash as a substitute for stone filler in asphalt mixtures is possible and carries no risk in terms of environmental safety.

Key words: fly ash, asphalt mixture, physical, mechanical and chemical characteristics

1. UVOD

Elektrofilterski pepeo nastaje kao nusproizvod pri proizvodnji električne energije u termoelektranama. Tipično se deponuje u okolini elektrana, čime se zauzima značajna površina zemljišta, koje može biti bolje iskorišćeno, a dolazi i do razvejavanja pepela i zagađenja okolnih područja. Savremeni trendovi u građevinarstvu se zasnivaju na tome da se istraži upotreba otpadnih i alternativnih materijala u kompozitnim građevinskim materijalima sa ciljem da se dobiju materijali zadovoljavajućih karakteristika, da se smanje štetni efekti deponovanja otpadnih materijala, i da se u isto vrijeme sačuvaju prirodni resursi novih materijala.

Dosadašnja svjetska iskustva ukazuju na to da se ovaj materijal sa posebnim uspjehom može primijeniti u građevinarstvu, od betonskih proizvoda u visokogradnji do ugradnje u sve slojeve puteva u putogradnji. (American Coal Ash Association, 2003). Međutim, istraživanja mogućnosti primjene elektrofilterskog pepela (EFP) u asfaltnim mješavinama su znatno manjeg obima u odnosu na istraživanja primjene EFP u ostalim segmentima građevinarstva.

* Autor zadužen za korespondenciju: K. Mirković,
email: katarinam@ac.me; ka-mi@t-com.me

U studijama koje su objavljene iz ove oblasti rezultati variraju, prije svega u zavisnosti od osobina EFP koji se koristi u eksperimentu, kao i od količine u kojoj je pepeo zastupljen u mješavini.

Mistry i Roy (2016) su ispitivali efekte primjene EFP u gustoj makadamskoj mješavini tražeći optimalnu količinu bitumena (OKB, od 3,5 do 6,5%) pri zamjeni standardnog filera sa 2, 4, 6 i 8% EFP klase F. Za standardni filer izabran je hidratizirani kreč. Laboratorijske analize sprovedene na Maršalovim uzorcima su pokazale da zamjenom standardnog filera od 2 do 6% EFP stabilnost sukcesivno raste do 21% u odnosu na kontrolnu mješavinu, dok sa udjelom od 8% EFP opada. OKB se smanjuje sukcesivno sa udjelom EFP od 2 do 6%, dok sa 8% raste, čak i u odnosu na KM. Odnos stabilnosti i tečenja mješavine sa udjelom od 4% EFP ima najmanju vrijednost, ali veću od standardne mješavine, dok mješavine sa 6 i 8% imaju značajan prirast ovog parametra (u prikazanom poretku) i prevazilaze dozvoljenu granicu od 5kN/mm. Generalno, mješavine sa EFP klase F se odlikuju većom čvrstoćom i otpornošću na deformacije.

Al-Suheibani i Tons (1991) su ispitivali uticaj veličine zrna EFP u asfalt betonskim mješavinama sa ciljem zamjene dijela asfaltnog cementa u asfaltnoj mješavini. EFP su klasifikovali u tri veličine: krupnozrni (>44 μm), srednjzrni (1-44 μm) i sitnozrni (<1 μm). Sitnozrni pepeo je mješan sa silikatnim dimom (microsilica) krupnoće 0,5 μm u odnosu 50:50 težinski, krupnoće 1 μm , sa ciljem povećanja krutosti mješavine. Uočili su da je srednjzrni EFP najpogodniji kao dodatak bitumenu (krupnozrni daje veći udio šupljina, dok sitnozrni daje prekomjernu krutost mješavini). Oni su zaključili da je dodavanje do 40% pepela u odnosu na zapreminu bitumena, u suvim klimatskim uslovima mješavini dalo bolju čvrstoću na zatezanje, bolju otpornost na kolotrage i duži vijek trajanja. U vlažnim klimatskim uslovima ovaj procenat ne bi trebao da pređe 30%.

Kumar i sar. (2008) su istraživali primjenu EFP u asfalt betonskim mješavinama i utvrdili da se indirektna zatezna čvrstoća asfalt betona povećava sa povećanjem letećeg pepela kao punila. Takva mješavina pokazuje i veću otpornost na pojavu termičkih pukotina, kao i pukotina od zamora. Međutim, otpornost na pojavu kolotrage se smanjuje sa povećanjem učešća letećeg pepela.

Sun i sar. (2011) su upoređivali primjenu izrazito kalcijumskog pepela i mješavine različitih vrsta pepela. Rezultati eksperimenta su pokazali da asfaltna mješavina za noseće slojeve, spravljene sa visokokalcijumskim pepelima imaju veću krutost i veću otpornost na vlagu.

Ali i sar. (2012) su ispitivali asfaltna mješavina sa 50% i 100% zamjene kamenog brašna letećim pepelom klase F, što predstavlja 2%, odnosno 4% u odnosu na ukupnu masu agregata. Mehaničke karakteristike mješavina za habajući sloj su određivali na tri različite temperature (0, 20 i 40°C). Autori su zaključili da se leteći pepeo može koristiti kao punilo (filer) u količini od 2% od ukupne težine agregata kako bi se povećao modul krutosti i veza između zrna agregata i bitumena. Takođe su zaključili da dodavanjem EFP nije značajno povećana otpornost mješavine na kolotrage, kao ni indeks uslužnosti, dok su mješavine sa procentom letećeg pepela većim od 2% pokazale manju otpornost na pojavu površinskih pukotina.

Cmiljanić i sar. (2011) su dali detaljan prikaz istraživanja EFP u Srbiji i njihove podobnosti korištenja u putogradnji. U radu su prikazani podaci o produkciji EFP u elektranama Srbije kao i njihov prosječni hemijski sastav. Takođe je dat prikaz produkcije pepela u nekim zemljama svijeta u odnosu na površinu država i broj stanovnika.

Mikoč. i Marković (2010) su ispitivali i dokazali podobnost hrvatskih pepela, šljake i amorfne silicijumdioksida za upotrebu u asfaltnim mješavinama. Fizičko-mehanička svojstva asfaltnih mješavina ispitana su na mješavini AC11s. Mješavine spravljene sa EFP u odnosu na kontrolnu mješavinu imale su veću stabilnost i gustinu mješavine, kao i šupljine u asfaltnoj mješavini.

Andrić i sar. (2013) su ispitivali podobnost dominantno silicijumskog EFP sa malim udjelom kalcijum oksida (CaO) kao potpune zamjene za kameno brašno u mješavini AC8 za habajući sloj. Rezultati ispitivanja su pokazali da primjena EFP klase F nije dala poboljšanje u pogledu gustine i udjela šupljina pri optimalnoj količini bitumena.

Jovanović i sar. (2011) su prikazali podobnost korištenja EFP iz Bosne i Hercegovine u asfaltnoj mješavini BNS22A. U eksperimentu je umjesto standardnog filera korišten izrazito kalcijumski EFP. Autori su zaključili da je optimalni udio bitumena (4.45%) kod ove mješavine nešto manji nego kod kontrolne mješavine (4.54%), što se objašnjava činjenicom da su zrna EFP sferičnog oblika i glatke površine u odnosu na standardni filer.

2. MATERIJALI I METODE

U istraživanju su korišćeni uzorci pepela iz TE "Gacko", TE "Pljevlja" i TE "Kosovo B". Sljedi pregled izvršenih istraživanje pepela.

Fizička svojstva elektrofilterskog pepela određena su metodama prikazanim u tabeli 1.

Tabela 1. Izvršena ispitivanja fizičkih svojstava EFP

Ispitivanje	Metoda
Granulometrijski sastav	SRPS EN 933-10:2009
Boja, oblik, veličina čestice i površinska tekstura	Skenirajući elektronski mikroskop (SEM), model: JEOL JSM-6610LV.

Mehanička svojstva elektrofilterskog pepela određena su metodama prikazanim u tabeli 2.

Tabela 2. Izvršena ispitivanja mehaničkih svojstava EFP

Ispitivanje	Metoda
Stvarna zapreminska masa	SRPS EN 1097-7:2008
Šupljine u suvo sabijenom kamenom brašnu	SRPS EN 1097-4:2008
Povećanje tačke razmekšavanja po metodi PK	SRPS EN 13179-1:2008
Bitumenski broj	SRPS EN 13179-2:2008

Prosječan hemijski sastav elektrofilterskog pepela određen je metodom skenirajućeg elektronskog mikroskopa, metoda SEM, model JSM-6610LV.

Sadržaj organskih materija u elektrofilterskim pepelima je određen metodom EN 12879:2000.

Mineraloška karakterizacija elektrofilterskog pepela utvrđena je metodom rentgenske difraktometrije XRD na difraktometru za prah: PHILIPS PW 171 pod sledećim uslovima: zračenje sa antikatode bakra: $\text{CuK}\alpha = 1,54178 \text{ \AA}$ I grafitni monohromator, napon na cijevi: $U = 40 \text{ kV}$, jačina struje: $I = 30 \text{ mA}$. Svi uzorci su podvrgnuti istom opsegu ispitivanja $3 - 60^\circ 2\theta$ sa korakom: $0,02^\circ$, vremensko zadržavanje po koraku: $2,0 \text{ s}$.

Ekološka podobnost elektrofilterskog pepela je sagledana kroz prisustvo teških metala i aktivnost radionukleida. Prisustvo teških metala određeno je određivanjem ukupnog sadržaja elementa I analiziranjem dobijene izlučevine.

Ukupni sadržaj elemenata u uzorcima elektrofilterskog pepela određen je metodom propisanom u standardu MEST EN 13656:2013, osim sadržaja žive koji je određen tehnikom atomske apsorpcione spektrofotometrije na čvrstoj fazi. Uzorci pepela ispitivani su na ukupan sadržaj sljedećih elemenata: Sb, As, Ba, Cu, Zn, Cr, Sn, Co, Cd, Ni, Pb, Se, Ag, Hg i Mo.

Izlučevina dobijena metodom opisanom u standardu MEST EN 12457-4:2013 (odnos $L/S=10 \text{ l/kg}$) analizirana je na sadržaj istih elemenata za koje je određen ukupan sadržaj, primjenom metoda opisanih u standardima BS EN 12506:2003, BS EN 13370:2003 i EPA 200.7.

Određivanje aktivnosti radionukleida izvršeno je na uzorcima pepela gama-spektrometrijskom analizom. Analiza je izvršena na sistemu sa poluprovodničkim HPGe detektorom firme ORTEC, relativne efikasnosti 41%. Obrada snimljenih spektara obavljena je softverom Gamma Vision 32, Nuclide Navigator. Energetska kalibracija i kalibracija efikasnosti HPGe detektora urađena je korišćenjem tačkastih izvora i multi standarda proizvođača Czech Metrological Institute. Priprema uzorka i analiza je urađena u skladu sa normativima IAEA i EML, prema metodi Measurement of Radionuclides in Food and the Environment; Technical Reports series No 295*. Uzorak je doveden do visokog stepena homogenosti i upakovan u standardne Marineli posude od 1 litra, u kojima je i obavljeno snimanje.

3. PREGLED REZULTATA ISTRAŽIVANJA

3.1 Fizička karakterizacija

Rezultati ispitivanja fizičkih osobina su predstavljeni u tabeli 3.

Tabela 3. Fizičke karakteristike uzoraka elektrofilterskog pepela

Osobina pepela	Porijeklo pepela		
	TE „Pljevlja“	TE „Gacko“	TE „Kosovo B“
Boja	siva	blijeda mrkožuta	tamna mrkožuta
Oblik čestice	uglavnom sferičan	kombinovano sferičan i nepravilan	kombinovano sferičan i nepravilan
Veličina čestice (μm)	2-30	1-20	1-20
Površinska tekstura	uglavnom glatka	uglavnom hrapava	uglavnom hrapava
Stvarna zapreminska masa (Mg/m ³)	2,272	2,966	2,821

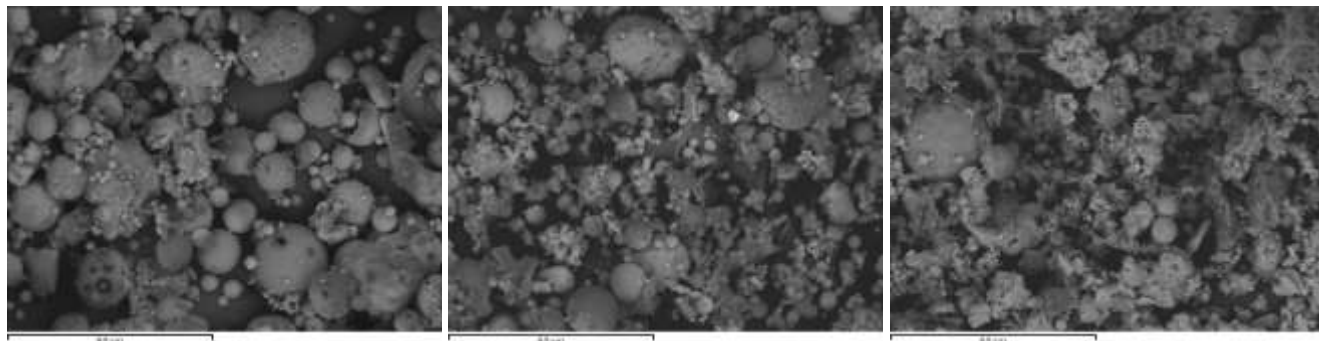
Na slici 1. prikazan je izgled uzoraka elektrofilterskog pepela pod elektronskim mikroskopom.

Čestice pepela TE „Pljevlja“ su većinom pravilnog sferičnog oblika, veličine 2-30 μm sa manjim udjelom nepravilnih oblika sa malo izraženom tendencijom aglomeracije. Sferične čestice se odlikuju glatkom površinskom teksturom, ali i izvjesnom mjerom poroznosti. Sferične forme su produkti sagorijevanja i to je zapravo amorfnu i često šuplja materija, dok su pojedine kristalne faze zastupljene u nepravilnim formama ispitivanog materijala. Sipka, zrnasta struktura i siva boja su najizrazitije vizuelne karakteristike ovog pepela.

TE "Pljevlja"

TE "Gacko"

TE "Kosovo B"



Slika 1. Izgled uzoraka elektrofilterskog pepela pod elektronskim mikroskopom

Oblik čestica pepela TE „Gacko“ može se opisati kao kombinacija sferičanih i nepravilnih oblika, veličine 1-20 μm. Površinska tekstura čestica je uglavnom hrapava, dok je pojava aglomeracije vrlo izražena. Stvarna zapreminska masa ovog pepela naveća od svih uzoraka i iznosi 2,966 Kg/m³. Vizuelni opis ovog pepela može se izraziti brašnastom strukturom i blijedom mrkožutom bojom. Oblik čestica pepela TE „Kosovo B“ može se takođe opisati kao kombinacija sferičanih i nepravilnih oblika, veličine 1-20 μm, uglavnom hrapave površinske teksture i izražene sklonosti ka aglomeraciji, karakteriše ga tamna mrkožuta boja.

Rezultati ispitivanja granulometrijskog sastava pepela, zajedno sa zahtjevima odgovarajućih standarda, prikazani su u tabeli 4.

Pepeo iz TE „Gacko“ u potpunosti zadovoljava zahtjeve u pogledu granulometrijskog sastava prema SRPS EN 13043, dok se pepeo iz TE „Kosovo B“ nalazi na granici u pogledu zadovoljenja uslova za prolaz na situ 0.125 mm. Pepeo iz TE „Pljevlja“ je krupnozrniji i ne zadovoljava zahtjeve standarda SRPS EN 13043.

EFP iz TE „Gacko“ i „Kosovo B“ zadovoljavaju u pogledu prolaza na situ 0.063 mm za kvalitet I prema standardu SRPS B.B3.045. Prolaz na situ 0.125 mm je dosta blizak zahtijevanim prolazima na situ 0.09 mm prema standardu, tako da se može smatrati da ova dva pepela generalno zadovoljavaju u pogledu granulometrijskog

sastava za kvalitet i prema navedenom standardu. EFP iz TE "Pljevlja" ne zadovoljava u pogledu granulometrijskog sastava ni za kvalitet II.

Tabela 4. *Granulometrijski sastav uzoraka elektrofilterskog pepela i zahtjevi odgovarajućih standarda*

Sito (mm)	Prolaz kroz sito %					
	Porijeklo pepela			Zahtjevi standarda		
	TE "Pljevlja"	TE "Gacko"	TE "Kosovo B"	SRPS EN 13043	SRPS B.B3.045	
					Kvalitet I	Kvalitet II
0,063	42	77	75	70 - 100	60 - 85	50 - 85
0,090					80 - 95	65 - 95
0,125	70	89	84	85 - 100		
0,250					95 - 100	95 - 100
0,710					100	100
2,0	100	100	100	100		

3.2 Mehanička karakterizacija

Kako je ispitivanje pepela sprovedeno prvenstveno sa ciljem određivanja podobnosti za upotrebu u asfaltnim mješavinama, ispitivanjem su bili obuhvaćeni određivanje bitumenskog broja koji predstavlja prividnu viskoznost mješavine kamenog brašna/EFP i vode, kao i povećanje tačke razmekšavanja koja definiše stepen ukrućivanja mješavine kamenog brašna/EFP i bitumena. U tabeli 5 su prikazani rezultati ispitivanja mehaničkih osobina uzoraka elektrofilterskog pepela.

Tabela 5. *Mehaničke osobine uzoraka elektrofilterskog pepela*

Ispitivanje	Metoda	Jedinica mjere	Porijeklo pepela		
			TE "Pljevlja"	TE "Gacko"	TE "Kosovo B"
Šupljine u suvo sabijenom kamenom brašnu/pepelu	SRPS EN 1097-4	%	46	59	55
Povećanje tačke razmekšavanja po metodi prstena i kuglice	SRPS EN 13179-1	°C	16,95	28,8	38,6
Bitumenski broj	SRPS EN 13179-2	ml	45	27	46

Mineralni fileri imaju šupljine u suvosabijenom stanju (šupljine po Rigdenu) najčešće između 28% i 45%, dok se za krečnjačka kamena brašna one kreću najčešće između 30% i 34% (Grabowski i sar., 2009). Pepeo iz TE "Pljevlja", sa 46% šupljina se odlikuje najmanjim procentom šupljina u zbijenom uzorku i nešto je veći od uobičajenog sadržaja šupljina za krečnjačko kameno brašno, dok pepeli iz TE "Kosovo B" i TE "Gacko" imaju veći sadržaj šupljina (55% i 59%, respektivno), što znači da se nalaze u zoni gornje granice šupljina, odnosno nešto iznad, koje se srijeću kod različitih filera, što nije neuobičajeno za leteće pepele (Voskuilen i Molenaar, 1996). Povećani sadržaj šupljina po Rigdenu može imati značajnog uticaja na zahtijevanu količinu bitumena u asfaltnoj mešavini.

Ispitivanje povećanja tačke razmekšavanja po metodi prstena i kuglice ukazuje na povećanje krutosti bitumena 70/100 u koji se doda 37.5 % (v/v) određenog filera. Mineralni fileri imaju povećanje tačke razmekšavanja između 8°C i 25°C, pri čemu je tipična vrijednost 15°C.

Povećanje tačke razmekšavanja po metodi prstena i kuglice je najmanje za pepeo iz TE "Pljevlja" i nalazi se u zahtijevanom rasponu, što znači da mastiks sa tim pepelom iskazuje najmanje povećanje krutosti bitumena, u poređenju sa druga dva pepela, što je povoljno sa aspekta dugotrajnosti asfaltnih mješavina i njihove otpornosti na pucanje. Ova veličina za pepeo iz TE "Gacko" je nešto iznad gornje granične vrijednosti, dok je za pepeo iz TE "Kosovo B" značajno van zahtijevanog raspona.

Bitumenski broj ukazuje na količinu vode potrebnu da se doda pepelu kako bi se postigao prividni viskozitet adekvatan za proizvodnju asfaltnih mješavina. Ovo ispitivanje se posebno primjenjuje u Holandiji (gdje je poznato i kao određivanje Van der Baan-ovog broja) i rezultati su donekle analogni šupljinama po Rigdenu. Za mineralna kamena brašna, bitumenski broj se po pravilu kreće između 40 i 50. Pepeo iz TE "Gacko" ima najmanji bitumenski broj koji je niži u poređenju sa očekivanim vrijednostima za mineralna kamena brašna, dok druga dva pepela imaju bitumenski broj u očekivanim granicama.

3.3 Hemijska karakterizacija

U tabeli 6 prikazan je prosječni hemijski sastav pepela dobijen SEM metodom.

Tabela 6. Prosječni hemijski sastav elektrofilterskih pepela dobijen metodom SEM

Ispitivani parametar	Jed. mjere	Ispitivani pepeo		
		TE "Pljevlja"	TE "Gacko"	TE "Kosovo B"
Na ₂ O	%	0.53	0	0.53
MgO	%	1.18	0.78	3.93
Al ₂ O ₃	%	19.62	3.77	3.51
SiO ₂	%	42.83	6.04	16.91
SO ₃	%	3.94	10.71	23.2
K ₂ O	%	2.9	0.22	0.22
CaO	%	21.08	74.44	45.98
TiO ₂	%	0.6	0	0
Fe ₂ O ₃	%	7.33	4.04	5.72
Gd ₂ O ₃	%	0	0	0
LOI – gubitak žarenjem na 800°C	%	0.39	0.51	2.55
$R = (SiO_2 + Al_2O_3) / (CaO + MgO + Fe_2O_3)$		2.11	0.123	0.37

U pogledu hemijskih karakteristika pepela, u svijetu postoji više različitih klasifikacija.

U ovom radu klasifikacija EFP izvršena je prema tri klasifikacije: ASTM C 618-05, klasifikaciji Rudarskog instituta – Beograd (Grbović i sar., 1986.), kao i prema Ph klasifikaciji koja pepele dijeli na "kisele" i "bazične", (Brzaković i Stamenković, 1971., Mihajlović, 2015.).

Pepele nastale sagorijevanjem uglja u termoelektranama američki standardi klasifikuju kao pepele klase F i pepele klase C. Za ovu klasifikaciju mjerodavan je zbirni sadržaj silicijum dioksida, aluminijum oksida i gvožđevog oksida (SiO₂+ Al₂O₃+ Fe₂O₃), gdje pepeli sa zbirnim sadržajem ovih jedinjenja od min 50% spadaju u klasu C, a sa min 70% spadaju u klasu F. Elektrofilterski pepeo TE "Pljevlja" se može klasifikovati kao pepeo klase F. Prema istom parametru, pepeli iz TE "Gacko" i TE "Kosovo B", iako imaju visok sadržaj CaO - 74.44% i 45.98%, respektivno, ne mogu se svrstati u pepele klase C, jer je njihov zbirni udio SiO₂+ Al₂O₃+ Fe₂O₃ značajno manji od minimalnog zahtjeva od 50%.

Klasifikacija Rudarskog instituta, koja je nastala kao rezultat prilagođavanja raznih klasifikacija uslovima regiona, prepoznaje tri tipa elektrofilterskog pepela: silikatni, kalcijumski i silikatno-kalcijumski.

Pepeo TE "Gacko", sa izrazito nadmoćnom količinom kalcijum oksida (CaO) od 74,44% u odnosu na silicijumov oksid (SiO₂) od 6,04% je tipičan predstavnik kalcijumskih pepela.

Pepeo TE "Kosovo B", iako se odlikuje većim sadržajem CaO (45,98%) u odnosu na SiO₂ (16,91%), može se svrstati u silikatno–kalcijumske pepele sa dominacijom kalcijum oksida.

Pepeo TE "Pljevlja" se odlikuje većim sadržajem SiO₂ (42,83%) u odnosu na CaO (21,08%), ali se takođe može svrstati u silikatno–kalcijumske pepele sa dominacijom silicijum dioksida.

Treba napomenuti da je kalcijum oksid svakako povoljniji, a silicijum dioksid nepovoljniji u pogledu interakcije sa bitumenom u asfaltnim mješavinama, tako da se i na bazi hemijskog sastava može zaključiti da je pepeo iz TE "Gacko" povoljniji za primjenu u asfaltnim mješavinama u odnosu na druga dva pepela.

Za ispitane pepele Ph klasifikacija (Brzaković i Stamenković, 1971., Milosavljević, 1974.), koja pepele dijeli na "kisele" i "bazične", daje najizrazitiju podjelu. "Kisele" pepeli nastaju sagorijevanjem kamenih ugljeva i u njima preovladavaju SiO_2 (30-50%) i Al_2O_3 (15-35%), dok "bazični" pepeli nastaju sagorijevanjem mrkih ugljeva i lignita kod kojih je osnovna komponenta CaO (20-50%). Razlikuju se četiri tipa pepela u zavisnosti od sadržaja SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO i SO_3 i to:

- tip 1 - kisele pepeli sa velikom pucolanskom aktivnošću ($\text{SiO}_2 > 50\%$)
- tip 2 - alumosilikatni pepeli sa nižim učešćem SiO_2 (40-50%), Al_2O_3 (17-25%), Fe_2O_3 (18-12%) i CaO (9-22%) koji su pucolanski aktivni
- tip 3 - bazični pepeli sa visokim učešćem CaO (40-46%), $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (6-8%), SiO_2 (2-5%)
- tip 4 - visoko sulfatni i visoko bazični pepeli sa učešćem SO_3 (>26%) i CaO (>33%) koji nemaju pucolanska svojstva.

Tabela 7. Ph klasifikacija (na "kisele" i "bazične" pepele) ispitanih uzoraka

Uslov klasifikacije		TE „Pljevlja“	TE „Gacko“	TE „Kosovo B“
Tip 1	SiO_2 (>50%)	*	*	*
Tip 2	SiO_2 (40-50%)	42,83	*	*
	Al_2O_3 (17-25%)	19,62	*	*
	Fe_2O_3 (18-12%)	7,33	*	*
	CaO (9-22%)	21,28	*	*
Tip 3	CaO (40-46%)	*	74,44	*
	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (6-8%)	*	7,81	*
	SiO_2 (2-5%)	*	6,04	*
Tip 4	SO_3 (>26%)	*	*	23,2
	CaO (>33%)	*	*	45,98

* - ne pripada zahtijevanom intervalu

Iz tabele 7 uočljivo je da je pepeo TE "Pljevlja" tipičan predstavnik tipa 2 - alumosilikatni pepeli, pucolanski aktivan, s tim što je sadržaj Fe_2O_3 manji u odnosu na raspon vrednosti za ovaj tip. Pepeo TE "Gacko" spada u pepele tipa 3 – bazične pepele, ali ima značajno veći sadržaj CaO, kao i veoma malo odstupanje parametra SiO_2 , dok pepeo TE „Kosovo B“, uz veoma malo odstupanje parametra SO_3 , spada u pepele tipa 4 - visoko sulfatne i visoko bazične pepele i nema pucolanskih svojstava.

U tabeli 8 dat je prikaz opisanih klasifikacija ispitanih pepela.

Tabela 8. Klasifikacija ispitanih pepela

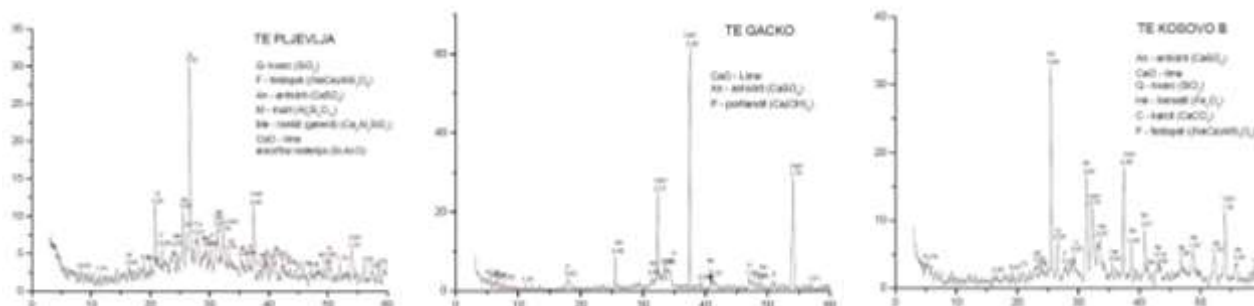
Elektrofilterski pepeo	SiO_2	CaO	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	Klasifikacija		
				ASTM C 618	Rudarski Institut Bg	Ph klasifikacija
TE "Pljevlja"	42,83	21,08	69,78 ~ 70	F	silikatno-kalcijumski	alumosilikatni, pucolanski aktivan
TE "Gacko"	6,04	74,44	13,85 << 50	/	kalcijumski	bazični
TE "Kosovo B"	16,91	45,98	26,15 << 50	/	silikatno-kalcijumski	visoko sulfatni i visoko bazični, nema pucolanskih svojstva

3.4 Gubitak pri žarenju (Loss on ignition-LOI)

Značajno hemijsko svojstvo EFP je i gubitak pri žarenju (Loss on ignition-LOI) koji predstavlja mjeru količine ostatka ugljenika koji se zadržao u EFP nakon izlaganja visokoj temperaturi (800°C). Iako ne postoji standard za sadržaj ugljenika ili gubitka pri žarenju (LOI) za pepele klase F i klase C koji se koriste kao mineralno vezivo u asfaltnim mješavinama, smatraju se pogodnim standardi za upotrebu EFP u cementnim mješavinama. Naime, preporučljivo je koristiti pepele sa relativno niskim LOI, manjim od 5% (AASHTO M 295), odnosno manje od 6% (ASTM C 618-05) kako bi se moguća absorpcija bitumena od strane čestica ugljenika svela na minimum. Uočljivo je da je kod sva tri ispitana pepela LOI znatno ispod preporučenih granica, što ove pepele preporučuje za korištenje u eksperimentu. Veličina Loss on ignition (LOI) prikazana je u tabeli 6.

3.5 Mineraloška karakterizacija

Rezultati mineraloških analiza prikazani su na slici 2. Dobijeni podaci položaja difrakcionih maksimuma 2θ (°), vrijednosti međuplosnih rastojanja d (Å), kao i odgovarajući intenziteti, dati su grafički. Na osnovu dobijenih vrijednosti intenziteta I/I_{\max} i međuplosnih rastojanja d i upoređivanjem sa podacima iz literature i JCPDS standardima (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) identifikovane su prisutne kristalne faze.



Slika 2. Difraktogrami uzoraka elektrofilterskih pepela

Pregled skraćenica prisutnih minerala na difraktogramima:

Q – kvarc: SiO_2 ;	An – anhidrit: CaSO_4
F – feldpast: $(\text{NaCa}) \text{AlSi}_3\text{O}_8$;	M – mulit: $\text{Al}_6\text{Si}_4\text{O}_{13}$
Me – melilit (gelenit): $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$;	Kreč - CaO
C – kalcit: CaCO_3	Portland $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Hematit – Fe_2O_3 ;	Amorfna materija – Si-Al-O

Ispitivanja su pokazala da je u uzorku TE "Pljevlja" prisutna znatna količina amorfne materije. Od kristalnih faza javljaju se silikati: kvarc, feldspatski mineral iz grupe plagioklasa, melilitski mineral tipa gelenita i mulit. Takođe, prisutna je i mala količina anhidrita i slobodnog CaO, dok je u uzorku TE "Gacko" daleko najzastupljenija faza u uzorku slobodni CaO. Prate ga manje količine anhidrita i portlandita. U uzorku TE "Kosovo B" najzastupljenija faza je anhidrit. Prisutna je i nešto manja količina slobodnog CaO. Javlja se i malo hematita, kvarca, kalcita i vrlo malo feldspatskog minerala tipa plagioklasa. Pregled sadržaja amorfne i kristalne faze u elektrofilterskim pepelima prilazan je u tabeli 9.

Tabela 9. Sadržaj amorfne i kristalne faze u elektrofilterskim pepelima

Elektrofilterski pepeo	Sadržaj amorfne faze	Sadržaj kristalne faze
TE "Pljevlja"	Značajan	kvarc, feldspatski mineral iz grupe plagioklasa, melilitski mineral tipa gelenita i mulit, mala količina anhidrita i slobodnog CaO
TE "Gacko"	Beznačajan	najzastupljeniji anhidrit, manje količine anhidrita i portlandita
TE "KosovoB"	Beznačajan	najzastupljenija faza je anhidrit, malo hematita, kvarca, kalcita i vrlo malo feldspatskog minerala tipa plagioklasa

3.6 Ekološka karakterizacija

U okviru ekološke karakterizacije ispitani su sadržaj teških metala i stepen radioaktivnosti uzoraka pepela.

Sadržaj teških metala – metoda ukupnog sadržaja elemenata

U tabeli 10 prikazani su rezultati analize totalnog sadržaja metala u uzorcima elektrofilterskih pepela koji su ovom analizom tretirani kao otpadni materijal.

Tabela 10. Sadržaj teških metala u uzorcima elektrofilterskog pepela

Parametar	Jed. mjere	Ispitivani pepeo			Oznaka metode
		EFP TE "Pljevlja"	EFP TE "Gacko"	EFP TE "Kosovo B"	
Ukupni sadržaj*					
Antimon (Sb)	mg/kg	<4,0	<4,0	<4,0	MEST EN 13656:2013
Arsen (As)	mg/kg	18,7	10,1	21,5	MEST EN 13656:2013
Barijum (Ba)	mg/kg	2,9	2,4	3,4	MEST EN 13656:2013
Bakar (Cu)	mg/kg	55,3±6,2	20,6±2,3	28,9±3,2	MEST EN 13656:2013
Cink (Zn)	mg/kg	88,9±9,2	38,5±4,0	25,8±2,74	MEST EN 13656:2013
Ukupni hrom (Cr)	mg/kg	124,5	34,5	74,0	MEST EN 13656:2013
Kalaj (Sn)	mg/kg	2,4	1,7	1,5	MEST EN 13656:2013
Kobalt (Co)	mg/kg	18,2±3,2	7,5±1,3	11,1±1,9	MEST EN 13656:2013
Kadmijum (Cd)	mg/kg	1,2±0,2	0,85±0,11	0,13±0,02	MEST EN 13656:2013
Nikal (Ni)	mg/kg	80,8±8,8	48,3±5,3	115,0±12,6	MEST EN 13656:2013
Olovo (Pb)	mg/kg	18,5±2,0	3,5±0,4	7,0±0,7	MEST EN 13656:2013
Selen (Se)	mg/kg	<0,8	<0,8	<0,8	MEST EN 13656:2013
Srebro (Ag)	mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	MEST EN 13656:2013
Živa (Hg)	mg/kg	0,26	0,041	0,112	AMA-112
Molibden (Mo)	mg/kg	<0,8	1,35	0,94	MEST EN 13656:2013
Žareni ostatak na 800° C	%	99,61	99,49	97,45	EN 12879
Silicijum kao SiO ₂	%	44,04	5,22	39,63	MEST EN 13656:2013
Kalcijum kao CaO	%	13,47	29,34	26,59	MEST EN 13656:2013

* - preračunato na suhu masu

Dobijeni rezultati za ukupan sadržaj elemenata, u skladu sa Pravilnikom o bližim karakteristikama lokacije, ne pokazuju visoke vrijednosti sadržaja bilo kojeg od njih (manje su od 0,1%), iz čega se zaključuje da analizirani uzroci pepela nemaju karakteristiku opasnosti.

Sadržaj teških metala – metoda sadržaj parametara izlučevine L/S

U tabeli 11 prikazani su rezultati analize sadržaja parametara izlučevine u uzorcima elektrofilterskih pepela koji su ovom analizom tretirani kao otpadni material, kao i dozvoljene količine za različite načine odlaganja.

Sva tri ispitana pepela, sadržaj teških metala u analiziranim izlučevinama, u skladu sa Pravilnikom o bližim karakteristikama lokacije, ispunjavaju uslove za odlaganje otpada kao bezopasnog otpada, što ove pepele preporučuje za upotrebu u asfaltnoj mješavini.

Stepen radioaktivnosti

U tabeli 12 prikazan je sadržaj radionukleida u uzorcima elektrofilterskih pepela.

Za date uslove snimanja spektra, zbog veoma niske koncentracije nekih radionukleida, oni nisu mogli biti detektovani, pa je data njihova minimalna detektabilna vrednost. Izvršena analiza je pokazala da je aktivnost svih analiziranih radionuklida (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, ¹³⁷Cs, ²³⁵U, ²³⁸U) u uzorcima pepela ispod maksimalno dozvoljenih vrijednosti, a u skladu sa odredbama datim u Pravilniku o granicama sadržaja radionukleida. Da bi materijal koji sadrži radionukleide bio primijenjen u putogradnji mora da zadovolji uslov da je njegov gama indeks manji od jedan (Kisić (2012), Pravilnik o granicama sadržaja radionukleida).

Tabela 11. Sadržaj parametara izlučevine u uzorcima elektrofilterskog pepela

Sadržaj parametara izlučevine L/S=10 l/kg - MEST EN 12457-4	Jed. mjere	EFP TE "Pljevlja"	EFP TE "Gacko"	EFP TE "Kosovo B"	Jed. mjere	Oznaka metode
Antimon (Sb)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	(5) ¹ (0,7) ^{2,4,5} (0,06) ⁶	EPA 200.7
Arsen (As)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	(25) ¹ (2) ^{2,4,5} (0,5) ⁶	BS EN 12506:2003
Barijum (Ba)	mg/kg	0,72	0,43	0,30	(300) ¹ (100) ^{2,4,5} (20) ⁶	BS EN 12506:2003
Bakar (Cu)	mg/kg	0,06	0,06	0,07	(100) ¹ (50) ^{2,4,5} (2) ⁶	BS EN 12506:2003
Cink (Zn)	mg/kg	0,04	0,05	0,05	(200) ¹ (50) ^{2,4,5} (4) ⁶	EPA 200.7
Ukupni hrom (Cr)	mg/kg	3,1	0,33	3,5	(70) ¹ (10) ^{2,4,5} (0,5) ⁶	EPA 200.7
Kalaj (Sn)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05		EPA 200.7
Kobalt (Co)	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01		EPA 200.7
Kadmijum (Cd)	mg/kg	<0,005	<0,005	<0,005	(5) ¹ (1) ^{2,4} (3) ⁵ (0,04) ⁶	BS EN 12506:2003
Nikal (Ni)	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	(40) ¹ (10) ^{2,4,5} (0,4) ⁶	BS EN 12506:2003
Olovo (Pb)	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	(50) ¹ (10) ^{2,4,5} (0,5) ⁶	BS EN 12506:2003
Selen (Se)	mg/kg	<0,1	<0,05	<0,05	(7) ¹ (0,5) ^{2,4,5} (0,1) ⁶	EPA 200.7
Srebro (Ag)	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01		EPA 200.7
Živa (Hg)	mg/kg	0,001	0,002	0,001	(2) ¹ (0,2) ^{2,4,5} (0,01) ⁶	ENV 13370
Molibden (Mo)	mg/kg	<0,5	0,11	0,09	(30) ¹ (10) ^{2,4,5} (0,5) ⁶	BS EN 12506:2003

¹ – Uslovi odnosno granične vrijednosti koje mora ispunjavati opasan otpad za odlaganje na deponiji za opasan otpad

² – Uslovi odnosno granične vrijednosti za stabilni i nereaktivni otpad koji se odlaže na deponiji za neopasan otpad

³ – Uslovi odnosno granične vrijednosti koje treba da ispunjava komunalni otpad za odlaganje na deponiji za neopasan otpad

⁴ – Uslovi odnosno granične vrijednosti koje treba da ispunjava neopasni otpad za odlaganje na deponiji za neopasan otpad

⁵ – Uslovi odnosno granične vrijednosti koje treba da ispunjava neopasni otpad sa visokim sadržajem biološki razgradivih materija za odlaganje na deponiji za neopasan otpad

⁶ – Uslovi odnosno granične vrijednosti koje treba da ispunjava inertni otpad za odlaganje na deponiji za inertni otpad

Tabela 12. Aktivnost radionukleida u uzorcima elektrofilterskog pepela

uzorak / jedinica (Bq/kg)	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²³⁵ U	²³⁸ U
TE "Pljevlja"	107±7	68.1±2.4	678±22	≤ 0.32	7.7±1.8	130±28
TE "Gacko"	486±20	27.8±1.5	66.2±3.8	≤ 0.49	31.5±2.2	548±41
TE "Kosovo B"	48.9±6.7	26.9±1.3	148±6	≤ 0.36	≤ 2.43	67.1±7.0

$$I = \frac{CRa}{700} + \frac{CTh}{500} + \frac{CK}{8000} \dots \dots \dots [1]$$

Vrijednosti 700, 500 i 8000 označavaju granične, maksimalne vrijednosti radionukleida Ra, Th i K (respektivno) za materijal koji se primjenjuje u niskogradnji (putevi i igrališta), dok su C_{Ra}, C_{Th} i C_K detektovane vrijednosti radijuma, torijuma i kalijuma u uzorku. Kada se dobijene vrijednosti radionukleida uvrste u jednačinu (1), dobija se vrijednost 0,37; 0,75 i 0,142 za pepele Pljevlja, Gacko i Kosovo B, respektivno, što zadovoljava traženi uslov da je manje od jedan. Može se zaključiti da su sva tri pepela bezbjedna sa stanovišta radioaktivnosti i da se mogu koristiti u niskogradnji.

4. Diskusija i zaključci

Iako su pogodniji za umješavanje zbog svog sferičnog oblika i glatke površinske teksture, primjena silikatnih filera, usled svoje hidrofilnosti i slabog afiniteta prema bitumenu, zna da rezultira slabijom otpornošću prema ljuštenju i treba biti oprezan u pogledu njihove primjene zbog relativno slabije adhezije čestica i bitumena. Sa druge strane, fileri sa visokim udjelom poroznog krečnjaka, zbog svoje osobine da jako upijaju uljne komponente bitumena, mogu negativno uticati na svojstva bitumena i bitumenskih mješavina (Bedaković 1964). Pepeli sa umjerenim sadržajem kreča (CaO) mogu se koristiti kao dodatak za poboljšanje adhezije agregata i bitumenskog veziva u asfaltnim mješavinama. Takođe pozitivno utiču i na stabilnost asfaltne mješavine (AASHTO M 17-07 (2007)). Pepeli koji se ne mogu jasno specifikovati poznatim klasifikacijama mogu naći svoje mjesto u primjeni za stabilizaciju gornjeg i donjeg nevezanog nosećeg sloja i posteljice (Edil 2006). Može se reći da elektrofilterski pepeo TE "Pljevlja" spada u grupu pepela F klase, koji se zbog svoje pucolanske aktivnosti

uglavom preporučuju za upotrebu u cementnoj industriji. Takođe, prisustvo amorfne faze u pepelu TE "Pljevlja" treba da obezbijedi veću reaktivnost u odnosu na prisutne kristalne veze, što ovaj pepeo preporučuje kao zamjenu za prirodne materijale u mješavinama za sintezu portland-cementa. Međutim ovaj pepeo sadrži i značajan procenat kalcijum oksida ($\text{CaO} - 21,08 \%$), što kod pepela F klase uglavnom iznosi 1-12% (Knežević, 2014). Prisustvo kalcijum oksida u ovoj mjeri čini ga podobnim za upotrebu u asfaltnim mješavinama. Pepeo TE "Pljevlja" je pucolanski aktivan alumosilikatni pepeo.

Visok udio kreča (CaO) u pepelu TE "Gacko" (74.44%) i nešto manji u pepelu TE "Kosovo B" (45.98%) treba da bude preporuka za korištenje ovih pepela u asfaltnim mješavinama zbog svoje osobine poboljšavanja atehzije agregata i bitumenskog veziva. Ipak, pepeli TE "Gacko" i TE "Kosovo B" ne zadovoljavaju ASTM standard po pitanju minimalnog udjela $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ od 50%, pa se ne mogu svrstati u C klasu pepela. Pepeo TE "Gacko" je bazični pepeo sa visokim učešćem CaO , dok je pepeo TE "Kosovo B" visoko sulfatni i visoko bazični pepeo bez pucolanskih svojstava.

Veće povećanje krutosti, na koje indikuje značajno veća tačka razmekšavanja kod pepela iz TE "Kosovo B" može biti povoljna samo u inicijalnim fazama eksploatacije kolovoza, u pogledu povećanja otpornosti asfaltne mješavine na trajnu deformaciju, ali dugoročno može dovesti do veće krutosti i osjetljivosti na pucanje asfaltnih mješavina.

Uzimajući u obzir procenat zastupljenosti elektrofilterskog pepela u asfaltnim mješavinama (max 4%), i oštre zahtjeve Pravilnika prema kojem je vršeno ispitivanje, može se zaključiti da rezultati analize pokazuju da svi ispitani EFP, planirani za upotrebu u asfaltnim mješavinama u svrhu djelimične ili potpune zamjene za kameno brašno, ispunjavaju sve uslove u pogledu sadržaja teških metala i predstavljaju bezbjedan materijal za primjenu u asfaltnim mješavinama.

Kako je gama indeks svih ispitanih pepela manji od jedan, može se zaključiti da su sva tri pepela bezbjedna za ugradnju u asfaltnu mješavinu, sa stanovišta radioaktivnosti. Fizičko-mehaničke osobine sva tri ispitana pepela su u zadovoljavajućem opsegu, kao i prisustvo organskih materija iskazano kroz veličinu gubitka pri žarenju.

Na osnovu osobina elektrofilterskih pepela koje su bile predmet ispitivanja predstavljenih u ovom radu, može se zaključiti da su ispitani pepeli pogodni za upotrebu u asfaltnim mješavinama kao djelimična ili potpuna zamjena za kameno brašno, bez rizika po ekološku bezbjednost.

Zahvalnost

Ispitivanja navedena u ovom radu izvršena su u sledećim institucijama: Centar za ekotoksikološka ispitivanja d.o.o., Podgorica, Crna Gora; TPA za obezbeđenje kvaliteta i inovacije d.o.o., Čačak, Srbija; Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd; Srbija i Laboratorija za kolovozne konstrukcije Građevinskog fakulteta u Beogradu; Srbija i autori se zahvaljuju na podršci u izvođenju ispitivanja.

LITERATURA

AASHTO M 17-07 (2007) Standard specification for mineral filler for bituminous paving mixtures. Washington, DC: *American Association of State Highway and Transportation Officials*.

AASHTO M 295 (2011) Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington, DC.

Adriano, C. (2001) Trace Elements in Terrestrial Environments. *Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Edition, Springer, New York, 867*.

Ali, N., Chan, J.S., Simms, S., Bushman, R., Bergan, A.T. (Aug.2013) Mechanistic Evaluation of Fly Ash Asphalt Concrete Mixtures. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol.3 No. 4, pp.1101-1190, Innovative Space of Scientific Research Journals

Al-Suhaibani, A.R. (1968) *The Use of Fly Ash as an Asphalt Extender*. PhD thesis, Univ. of Michigan, University of Microfilms International, Ann Arbor, MI.

Al-Suhaibani, A.R. & Tons, E.T. (2013) Properties of Fly Ash-extended asphalt concrete mixes. *Transportation Research Record, Journal of Transportation Research Board*, No. 1323:123-133, 1991

Androić, I., Kaluđer, G., Komljen, M. (2013) Usage of the Fly Ash in Hot Mix Asphalt Mixes. *XXVIII International Baltic Road Conference*, Vilnius, Lithuania.

- ASTM C 618-05 (2005) Standard specification for fly ash and row or calcined natural puzzolan for mineral admixture in Portland cement concrete ASTM.
- Baščarević, Z., Komljenović, M., Petrašinić Stojkanović, L.J. Jovanović, N., Rosić, Ršumović, A. M. (2006) Ispitivanje svojstava elektrofilterskog pepela termoelektrana u cilju njegove upotrebe kao sekundarne sirovine za proizvodnju Portland cementnog klinkera. 6. *Naučno-stručni skup sa sa međunarodnim učešćem "KVALITET 2009"*, Neum, B&H.
- Bedaković, V. (1964) Asfalt, *Društvo građevinskih inženjera i tehničara*, Zagreb, I izdanje
- Brzaković, P. Stamenković, V. (1971) Utvrđivanje osnovnih karakteristika pepela iz nekih jugoslovenskih termoelektrana. Rudarski institut, Beograd, Studija I arhivi RI
- Cmiljanić, S., Vujanić, V., Rosić, B., Jotić, S., Tošović, S., Mitrović, P., Vuksanović, B. (2010) Korišćenje elektrofilterskog pepela za potrebe putogradnje. *Put i saobraćaj*, broj 1,
- Edil T.B., Acosta H.A., Benson C.H. (2006) Stabilizing soft fine-grained soils with fly ash. *J Mater Civ Eng*, 18:283-94
- Federal Highway Administration (FHWA), (2003) Fact for Highway Engineers. *American Coal Fly Ash Association (ACAA)*; Report 06-13-2003
- Grabowski, W., Wilanowicz, J., Sobol, T. (2009) Structural and Functional Properties of Mineral Fillers Modified with Hydrated Lime. Sixth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control (MAIREPAV6), Torino.
- Grbović, M., Košutić, Lj., Knežević, D. (1986) Hidrauličko deponovanje pepela. *Separat I jugoslovensko-poljskog simpozijuma o PMS*, Opatija.
- Ji-shu Sun, Yuan-ming Dou, Chun-feng Yang, Tian Xiao (2011) Study On The Performances of The Mixture of High Calcium Fly Ash and Fly ash in Highway Application. *Road Pavement and Material Characterization, Modeling and Maintenance*; Geotechnical Special Publication No.213 ASCE
- Joint Committee on Powder Diffraction Standards
- Jovanović, M., Mijušković, A. and Šeper, A. (Sept. 2011) Mechanical Properties of Bituminous Aggregate Mixture BNS22A Prepared with Fly Ash from Power Plant "Gacko" as a Filer Replacement. *15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT*, Prague, Czech Republic
- Kisić, D., Miletić, S., Janačković, Đ., Todorović, D., Radonjić, V. (2012) Prirodna radioaktivnost letećeg pepela iz termoelektrane Nikola Tesla B. *I simpozijum: Odsumporavanje dimnih gasova*, IV savetovanje deponije pepela i šljake i jalovine u termoelektranama i rudnicima, sa međunarodnim učešćem, Palić, str. 217–227.
- Knežević, D. (2014) Odlaganje industrijskog otpada, *Skripta za istoimeni predmet*, Rudarsko – geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
- Mihailovic, A. (2015) Fizičke karakteristike zemljišta i distribucija teških metala na gradskom području Novog Sada, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku
- Mikoč, M. and Marković, D. (2010) Influence of Slag, Fly Ash and Silica on the Mechanical and Physical Properties of Asphalt. *Tehnički vjesnik*, 17, 4 505-514
- Milosavljević, P. (1974) Metode ispitivanja mineralnih sirovina u pripremi mineralnih sirovina. *Rudarski institute*, Beograd.
- Mistry, R. and Roy, T.K. (2016) Effect of Fly Ash as Alternative Filler in Hot Mix Asphalt. *Perspectives in Science*, 8, 307-309
- Pravilnik o bližim karakteristikama lokacije, uslovima izgradnje, sanitarno-tehničkim uslovima, načinu rada i zatvaranja deponija, "Službeni list Crne Gore", br. 031/13
- Pravilnik o granicama sadržaja radionukleida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet, Službeni list RS br. 86/2011
- Pravilnik o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i o načinu sprovođenja dekontaminacije, Sl. list SRJ br. 9/99
- Uputstvo za korisnike nusproizvoda i upotrebu sekundarnih sirovina u izgradnji puteva (2010), *Projekat za Republiku Srbiju G2G09/SB/5/4 u okviru kratkog G2G programa*.
- Voskuilen, J.L.M.; Molenaar, J.M.M. (1996) Adsorption and desorption of bitumen in toluene on mineral aggregate, *Proc. 1st Eurasphalt and Eurobitume Congress*, paper 4.078.

KARAKTERISTIKE ASFALTNIH MJEŠAVINA AB11s SA DODATKOM ELEKTROFILTERSKOG PEPELA

Katarina Mirković^{1,*}

¹Univerzitet Crne Gore; Građevinski fakultet, Bulevar Džordža Vašingtona b.b., Podgorica, Crna Gora

Goran Mladenović²

²Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija

Rezime: U radu su prikazani rezultati ispitivanja asfaltnih mješavina AB 11s spravljenih sa različitim procentima elektrofilterskog pepela, pri čemu je pepeo korišten kao djelimična ili potpuna zamjena za kameno brašno – filer. Eksperiment je izveden na asfaltnim uzorcima spravljenim sa pepelima iz tri različita izvora, a procenti u kojima je vršena zamjena kamenog brašna su 25%, 50%, 75% i 100%, dok je kontrolna mješavina spravljena sa 100% kamenog brašna. U radu je prikazana zapreminska struktura mješavina korištenih u eksperimentu. Izvedeni zaključci ukazuju da se dodavanjem elektrofilterskog pepela može postići zadovoljavajuća zapreminska struktura, pri čemu zapreminska masa i šupljine u mineralnoj i asfaltnoj mješavini generalno zavise od vrste pepela i njegovog sadržaja. Stabilnost i tečenje mješavina sa elektrofilterskim pepelom su poboljšani u odnosu na kontrolnu mješavinu. Sa povećanjem udjela elektrofilterskog pepela povećava se otpornost asfaltnih mješavina na trajnu deformaciju. Osjetljivost uzoraka na vodu je uglavnom manja kod mješavina sa pepelom u odnosu na kontrolnu mješavinu što zavisi od vrste i količine pepela.

Ključne riječi: asfaltna mješavina AB11s, elektrofilterski pepeo, zapreminska struktura, otpornost na dejstvo vode, otpornost na trajnu deformaciju

CHARACTERISTICS OF ASPHALT MIXTURES AB11s WITH FLY ASH

Katarina Mirković¹

¹University of Montenegro; Civil Engineering faculty, Bulevar Džordža Vašingtona b.b., Podgorica, Montenegro

Goran Mladenović²

²University of Belgrade, Civil Engineering faculty, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia

Abstract: The paper presents the results of testing of asphalt mixtures AB11s made with various percentages of fly ash, where the ash was used as a partial or complete substitute for stone filler. The experimental research was performed on asphalt samples containing fly ash from three different sources, with the degree of stone filler substitution amounting to 25%, 50%, 75%, and 100%. The control mixture was prepared with 100% of stone filler. The paper also presents the volumetric structure of tested asphalt mixtures. The results of this study indicate that a satisfactory volumetric structure can be achieved through adding fly ash, while the bulk density and voids of the mineral and asphalt mixture generally depend on the type of ash and its content. The stability and flow of mixtures with fly ash are favorable compared to the control mixture. With the increase of the percentage of fly ash, the asphalt mixture's resistance to permanent deformation has also increased. The water sensitivity is generally lower in mixtures with ash compared to the control mixture, and depends on the type and percentage of ash in the mixture.

Key words: asphalt mixture AB11s, fly ash, volume structure, water sensitivity, resistance to permanent deformation

1. UVOD

Elektrofilterski pepeo (EFP) nastaje kao nusproizvod pri proizvodnji električne energije u termoelektranama. Još sredinom prošlog vijeka započeto je sa istraživanjima mogućnosti njegove primjene u asfaltnim mješavinama, kao delom napora da se doprinese održivom razvoju u oblasti građevinarstva, sa ciljem da se dobiju mješavine zadovoljavajućih karakteristika, smanje štetni efekti deponovanja i očuvaju prirodni resursi. Od ranih radova Carpenter-a (1952) koji u svom radu zaključuje da pepeo klase F daje odlične rezultate u pogledu čvrstoće na pritisak uzoraka zasićenih vodom i Zimmer-a (1970) koji je proučavao uticaj različitih procenata pepela klase C, i takođe uočio prirast čvrstoće na pritisak vodom zasićenih uzoraka, pa do danas, još uvijek postoji veliko interesovanje za istraživanjima u ovoj oblasti. Različiti pepeli se odlikuju različitim osobinama, prvenstveno u zavisnosti od porijekla. Iz tog razloga za svaki pepeo potrebno je eksperimentalnim putem utvrditi optimalne

* Autor zadužen za korespondenciju: K. Mirković,
email: katarinam@ac.me; ka-mi@t-com.me

procenite zastupljenosti u asfaltnoj mješavini, sa ciljem dobijanja najpovoljnijih fizičko-mehaničkih osobina asfaltna mješavine.

Posljednjih par decenija intenzivirana su istraživanja u ovoj oblasti. Neka od njih se bave upotrebom EFP u bitumenskom malteru (Sharma i sar. 2010, Đureković i Mladenović 2015), kao zamjena za određenu količinu bitumena i kao način poboljšanja njegovih karakteristika. Druga grupa istraživanja se fokusira na upotrebu EFP kao potpune ili djelimične zamjene za kameno brašno, uglavnom u svrhu poboljšanja otpornosti na vlagu i povećanja krutosti (Ali i sar. 2012) ili povećanja stabilnosti i gustine mješavine (Miloč i Marković 2010).

Sharma i sar. (2010) su upoređivali osobine asfaltnih mješavina spravljenih sa četiri vrste elektrofilterskih pepela koje karakterišu prisustvo velikog procenta SiO_2 (preko 50%) i značajno manji udio CaO (0,5 – 4,33%). Mješavine su spravljanje sa zamjenom kamenog brašna sa pepelom u procentima od: 4,0; 5,5; 7,0 i 8,5%. Autori su zaključili da se optimalna količina bitumena (OKB) povećava sa povećanjem procenta filera (pepela i kamenog brašna) u mješavini. Preostala stabilnost po Maršalu (RS) i odnos čvrstoća na indirektno zatezanje vodom zasićenih i suvih uzoraka (TSR) se smanjuju sa povećanjem procenta EFP u mješavini, ali su generalno veći kod mješavina sa pepelom nego kod mješavina sa kamenim brašnom. Uočljivo je da najveće vrednosti RS i TSR ima pepeo sa najvećim procentom kalcijuma (4,33%) što ga čini filerom sa najboljom vezom agregata i bitumena (najvećom otpornošću na ljuštenje – stripping). Indirektna zatezna čvrstoća se povećava sa povećanjem udjela pepela do 7%, nezavisno od tipa filera. Za veće procenite pepela dolazi do njenog pada. Čvrstoća mješavine raste sa porastom odnosa filera i bitumena (F/B).

Butul (2000) je u svom radu vršio djelimičnu zamjenu filera sa različitim procentima elektrofilterskog pepela (0, 10, 15, 20 i 25%) u mješavini sa optimalnim sadržajem bitumena od 6.5%. U eksperimentu su korištene dvije vrste pepela: elektrofilterski pepeo i pepeo koji predstavlja ostatak sagorijevanja drvenog otpada. U pogledu osobina mješavine bitumena i filera (mastiksa) autor je zaključio da se viskoznost značajno povećava (do 100%) srazmjerno procentima zamjene pepelom za obje vrste pepela; penetracija veziva se smanjuje sa dodatkom pepela srazmjerno povećanju procenta zamjene, tačka razmekšavanja se neznatno smanjuje za obje vrste pepela, dok se duktilitet vrlo značajno smanjuje sa dodavanjem pepela. U pogledu osobina asfaltna mješavine autor je zaključio da zapreminska masa mješavina sa pepelom (za obje vrste pepela) opada, a sadržaj šupljina raste sa sadržajem pepela. Zapreminska masa i procenat šupljina mješavine sa 20% pepela su najbliži kontrolnoj mješavini, ali ipak niži, dok se stabilnost i tečenje po Maršalu smanjuju sa dodavanjem pepela u nepravilnim intervalima u odnosu na povećanje procenta pepela. Mješavine sa većim procentom pepela imaju veću otpornost na trajnu deformaciju; indirektna zatezna čvrstoća se povećava sa procentom pepela, dok se deformacija smanjuje, što pokazuje veću otpornost mješavine na pojavu pukotina; čvrstoća na pritisak je najveća za 10% i 15% zamjene pepelom; modul elastičnosti je takođe najveći za 10% i 15% zamjene pepelom, dok se sa većim udjelom pepela ovi parametri smanjuju.

Sobolev i sar. (2013) su ispitivali primjenu dvije vrste pepela, klase F i klase C u asfaltnom mastksu i asfaltnoj mješavini, koristeći dvije vrste bitumena (PG 58-28 i PG 70-22M) koje su prethodno podvrgli testu kratkotrajnog starenja (RTFO – Rolling Thin Film Oven Test). Zamjena bitumena elektrofilterskim pepelom u asfaltnoj mješavini je iznosila 1% zapreminski i 10% od mase bitumena. Ispitivanja su obuhvatila obradivost mješavine sa dodatkom EFP, kao i module krutosti mješavina. U mastksu je izvršena zamjena bitumena sa 5% i 60% kamenog brašna, težinski, a ispitivani su čvrstoća i relativna čvrstoća (odnos čvrstoće eksperimentalnog i kontrolnog uzorka). U pogledu osobina asfaltna mješavine, spravljanje eksperimentalnu mješavinu sa EFP klase C pomoću Superpave žiroskopskog nabijača, autori su uočili minimalna odstupanja u kompaktilnosti mješavine sa pepelom, što ovaj pepeo preporučuje za upotrebu u asfaltnom mješavinama u svrhu zamjene dijela bitumena bez bojazni da će se ugroziti struktura i zapremina šupljina. Modul krutosti mješavine sa 10% EFP klase C je za 10% veći nego za KM. Uzorci mastiksa su podvrgnuti opitu simuliranja starenja (RTFO metoda) i zatim ispitivani na dinamičkom smičućem reometru (DSR) kao i na gredicama (BBR) na niskim temperaturama. Autori su zaključili da krutost mastiksa (kompleksni modul G^*) ima značajno veće vrijednosti za oba bitumena (pogotovo za PG 58-28) kada se izvrši zamjena od 60% pepela, nezavisno od tipa pepela. Zamjenom od 60% relativna čvrstoća mastiksa (Sr) na niskim temperaturama se značajno povećava za oba tipa pepela, dok je sa zamjenom od 5 % uglavnom ispod vrijednosti za KM. Zbog velikog raspona u dobijenim rezultatima, naveli su potrebu za novim ispitivanjima u kojima bi se pokrio raspon između 5% i 60% zamjene sa kojima je sproveden eksperiment.

Ali i sar. (1996) su ispitivali osobine asfaltnih mješavina za habajući sloj sa dodatkom pepela klase F, kao zamjene za kameno brašno u procentima 0%, 2%, 4% i 6% u odnosu na agregat, pri OKB od 5%. Mehaničke karakteristike su ispitane na različitim temperaturama (0°C, 20°C i 40°C). Modul krutosti mješavine sa EFP na

temperaturi 0°C se ne mijenja, dok na temperaturi 20 °C mješavina sa 6% pepela imala najveće vrijednosti modula krutosti, a na temperaturi 40°C mješavina sa 2% pepela. Dodatak pepela nije značajno uticao na modul puzanja, kao ni na zamor, ali je uticao na poboljšanje otpornosti na vlagu. Mješavina sa 2% pepela pokazala je najmanju otpornost na trajne deformacije pri temperaturi od 0°C, dok je mješavina sa 6% pepela pokazala najmanju otpornost na trajne deformacije pri temperaturi od 20°C.

Androjić i sar. (2013) su ispitivali podobnost dominantno silicijumskog pepela klase F (sa 45% - SiO₂) sa manjim udjelom kalcijum oksida (18% - CaO) kao potpune zamjene za kameno brašno u mješavini AC8 za habajući sloj. Pepeo je imao krupniju granulaciju od kamenog brašna. Upoređivane su dvije eksperimentalne mješavine sa po 3% i 6% pepela sa kontrolnom mješavinom spravljenom sa 3% kamenog brašna. Rezultati ispitivanja su pokazali da primjena pepela nije dala poboljšanje u pogledu gustine i udjela šupljina pri optimalnoj količini bitumena, kao i da se sa povećanjem udjela pepela povećava i optimalna količina bitumena.

Rongali i sar. (2013) su ispitivali i uporedili osobine dvije vrste asfalt betona, AC A - sa EFP i AC B - sa kompozitom od EFP i agregata od usitnjenog plastičnog otpada krupnoće zrna 2-8 mm u skladu sa zahtjevima IRC SP:79:2008. Podaci o osobinama i količini pepela nisu dati. Mješavina AC A se odlikuje većim modulom krutosti od AC B, kao i manjom dubinom kolotruga, tj. većom otpornošću na trajne deformacije. Statički opit tečenja (puzanja) pokazao je da se mješavina AC A odlikuje manjom trajnom deformacijom. Zaključak je da mješavina EFP i plastičnog otpada unapređuje osobine asfaltnih mješavina.

Istraživanja sa zamjenom kamenog brašna pepelom u iznosima od 5, 6, 7 i 8% u odnosu na ukupnu težinu agregata mogu se vidjeti kod Čelika (2008) gdje je autor došao do zaključka da mješavine sa 5% pepela imaju najveću stabilnost i veću specifičnu težinu nego mješavine spravljene sa KB.

Mistry i Roj (2016) su vršili zamjenu filera od hidratisanog kreča sa pepelom klase F u iznosima od 2, 4, 6 i 8% u odnosu na masu agregata. Za standardni filer izabran je hidratirani kreč. Laboratorijske analize sprovedene na Maršalovim uzorcima su pokazale da se zamjenom standardnog filera sa 2% do 6% pepela stabilnost povećava do 21% u odnosu na kontrolnu mješavinu, dok sa udjelom od 8% stabilnost opada. OKB se smanjuje progresivno sa udjelom pepela od 2 do 6%, dok sa 8% raste, čak i u odnosu na kontrolnu mješavinu. Odnos stabilnosti i tečenja mješavine sa udjelom od 4% pepela ima najmanju vrijednost, ali veću od standardne mješavine, dok mješavine sa 6 i 8% imaju značajan prirast ovog parametra (u prikazanom poretku) i prevazilaze dozvoljenu granicu od 5 kN/mm. Generalno, mješavine sa pepelom klase F se odlikuju većom čvrstoćom i otpornošću na deformacije.

Al-Suheibani i Tons (1991) su došli do zaključka da je dodavanje do 40% pepela u odnosu na zapreminu bitumena, u suvim klimatskim uslovima, mješavini dalo bolju čvrstoću na zatezanje, bolju otpornost na kolotrage i duži vijek trajanja. U vlažnim klimatskim uslovima ovaj procenat ne bi trebao da pređe 30%. Ispitujući pepele sa tri vrste krupnoće, oni su takođe zaključili da je srednjezrni pepeo (1-44 μm) najpogodniji kao dodatak bitumenu u cilju povećanja krutosti mješavine.

U predstavljenoj literaturi može se uočiti saglasnost u odnosu na porast čvrstoće i modula mješavina sa pepelom, kao i porast otpornosti na vlagu. Zbog razlike u fizičko-mehaničkim i hemijskim osobinama pepela javljaju se izvjesna odstupanja se kada je riječ o optimalnom procentu pepela.

Cilj ovog rada je da se istraži uticaj konkretnih elektrofilterskih pepela na fizičko-mehaničke karakteristike asfaltnih mješavina i utvrdi mogućnost njegove primjene, kao i optimalnog procenta zamjene kamenog brašna pepelom.

2. MATERIJALI

U ovom eksperimentu su korišteni standardni materijali za spravljanje kontrolne mješavine, dok je za spravljanje eksperimentalnih mješavina korišten i alternativni materijal, elektrofilterski pepeo (EFP) kao zamjena za kameno brašno (KB) u procentima od 25%, 50%, 75% i 100%. Na ovaj način dobijeno je 12 različitih asfaltnih mješavina (tri pepela / četiri procenta), čije su osobine upoređivane sa osobinama kontrolne mješavine.

Slijedi prikaz primijenjenih materijala u spravljanju asfaltnih mješavina.

2.1 Elektrofilterski pepeo

Elektrofilterski pepeli su uzorkovani sa deponija tri termoelektrane u regionu: TE „Pljevlja“- Pljevlja, Crna Gora; TE „Gacko“ - Gacko, Bosna i Hercegovina; TE „Kosovo B“– Priština, Kosovo. U cilju određivanja osobina uzorkovanih pepela, i njihovog ocjenjivanja u smislu podobnosti njihove primjene u asfaltnim mješavinama, izvršene su opsežne analize. Za potrebe ovog rada u tabeli 1 je predstavljen kompletan obim izvršenih istraživanja čiji su rezultati detaljno prikazani u radu Mirković i Mladenović (2017).

Tabela 1. Pregled sprovedenih ispitivanja uzoraka pepela

Fizička svojstva / metoda	Boja pepela	Oblik čestica	Veličina čestica	Površinska tekstura čestice	Granulometrijski sastav
	<i>SEM metoda</i>	<i>SEM metoda</i>	<i>SEM metoda</i>	<i>SEM metoda</i>	<i>SRPS EN 933-10: 2009</i>
Mehanička svojstva / metoda	Zapreminska masa	Šupljine u suvom sabijenom pepelu	Povećanje tačke razmekšavanja po metodi PK	Bitumenski broj	
	<i>SRPS EN 1097-7:2008</i>	<i>SRPS EN 1097-4:2008</i>	<i>SRPS EN 13179-1:2008</i>	<i>SRPS EN 13179-2:2008</i>	
Prosječni hemijski sastav / metoda	Na ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , SO ₃ , K ₂ O, CaO, TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Gd ₂ O ₃ , R				
	<i>SEM metoda</i>				
Ekološka podobnost / metoda	Prisustvo teških metala		Radioaktivnost		
	<i>MEST EN 13656:2013; AMA-12; MEST EN 12457-4.</i>		<i>Gama-spektrometrijska analiza</i>		
Sadržaj organskih materija / metoda	Gubitak pri žarenju (Loss on ignition-LOI)				
	<i>SRPS EN 12879:2007</i>				
Mineraloška karakterizacija / metoda	Određivanje sadržaja amorfne i kristalne faze				
	<i>XRD metoda</i>				

U tabelama 2 i 3 su prikazani rezultati ispitivanja iz ove oblasti koja su relevantna za ocjenu podobnosti primjene elektrofilterskih pepela u asfaltnim mješavinama.

Tabela 2. Fizičke karakteristike uzoraka elektrofilterskog pepela

Osobina pepela	Porijeklo pepela		
	TE „Pljevlja“	TE „Gacko“	TE „Kosovo B“
Boja	Siva	blijeda mrkožuta	tamna mrkožuta
Oblik čestice	uglavnom sferičan	kombinovano sferičan i nepravilan	kombinovano sferičan i nepravilan
Veličina čestice (µm)	2-30	1-20	1-20
Površinska tekstura	uglavnom glatka	uglavnom hrapava	uglavnom hrapava
Zapreminska masa (Mg/m ³)	2,270	2,970	2,820

Tabela 3. Klasifikacija ispitanih pepela

Elektrofilterski pepeo	Sadržaj (%)			Klasifikacija		
	SiO ₂	CaO	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	ASTM C 618	Rudarski Institut Bg	Ph klasifikacija
TE „Pljevlja“	42,83	21,08	69,78 ~ 70	F	silikatno-kalcijumski	alumosilikatni, pucolanski aktivan
TE „Gacko“	6,04	74,44	13,85 << 50	/	kalcijumski	Bazični
TE „Kosovo B“	16,91	45,98	26,15 << 50	/	silikatno-kalcijumski	visoko sulfatni i visoko bazični, nema pucolanskih svojstva

2.2 Kameno brašno

Za spravljanje asfaltnih mješavina korišteno je kameno brašno proizvođača „Šišković“ – Podgorica, Crna Gora. Rezultati ispitivanja su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Karakteristike kamenog brašna – kriterijum: SRPS B.B3.045:1982

Ispitivanje		Metoda	Rezultati	Jedinica mjere	Kvalitet I	Kvalitet II
Granulometrijski sastav	0.063	SRPS EN 933-10	80.8	%	60 - 85	50 - 85
	0.09		90.2	%	80 - 95	65 - 90
	0.25		99.6	%	96 - 100	95 - 100
	0.71		100	%	100	100
Zapreminska masa		SRPS EN 1097-7	2711	Kg/m ³	/	
Šupljine punila u suvosabijenom stanju		SRPS EN 1097-4	31.5	%	/	

2.3 Mineralna mješavina

Za spravljanje asfaltna mješavine korišten je kameni materijal iz kamenoloma Okruglički krš, Štitarica, Mojkovac, Crna Gora. Vrsta stijene je kvarc – latit. Granulometrijski sastav i fizičke karakteristike frakcija kamenog agregata su prikazani u tabelama 5 i 6, respektivno.

Tabela 5. Granulometrijski sastav frakcija kamenog agregata i kriterijumi prema SRPS U.E4.014

Otvor sita (mm)	Frakcija kamenog agregata (mm/mm)					
	0/4		4/8		8/11	
	Prolazi kroz sito u % (m/m) SRPS EN 933-1:2013					
	Rezultat	Kriterijum	Rezultat	Kriterijum	Rezultat	Kriterijum
0,063	9,5	-	0,3		0,4	
0,09	11	max 10	0	max 1	0	max 1
0,125	13					
0,25	19	12 – 25				
0,71	37	33 – 70				
1,0	45					
0,50	29					
2,0	70	65 – 100	3	max 5		
4,0	98	90 - 100	10	max 15	3	max 5
8,0	100	100	96	min 90	20	max 15
11,2			100	100	94	min 90
16,0					100	100
22,4						
31,5						

Tabela 6. Fizičke karakteristike frakcija kamenog agregata i kriterijumi prema SRPS U.E4.014

Ispitivanje	Metoda	Jedinica mjere	Frakcija kamenog agregata					
			0/4		4/8		8/11	
			Rezultat	Kriterijum	Rezultat	Kriterijum	Rezultat	Kriterijum
Sadržaj čestica manjih od 0,09 mm	SRPS EN 933-1	%	11	max 10	0	max 1	0	max 1
Gustina – pikn.met.	SRPS EN 1097-6, t.9	kg/m ³	2730	-	-	-	-	-
Gustina – hidr.korpa	SRPS EN 1097-6, t.8	kg/m ³	-	-	2724	-	2719	-
Ekvivalent pijeska	SRPS EN 933-8	%	65,4	min 60	-	-	-	-
Modul zrnivosti	SRPS U.E4.014		2,64	1,95 – 3,00	-	-	-	-
Upijanje vode	SRPS EN 1097-6, t.8	%	-	-	0,6	max 1,6	-	-

2.4 Bitumen

Za spravljanje asfaltne mješavine korišten je BIT 50/70 proizvođača Rafinerija nafte – Pančevo, Srbija. Rezultati ispitivanja su prikazani u tabeli 7.

Tabela 7. Karakteristike bitumena - kriterijum: SRPS EN 12591

Ispitivanje	Metoda	Jedinica mjere	Rezultati	Kriterijum
Penetracija na 25°C –	SRPS EN 1426	1/10mm	61	50 – 70
Tačka razmekšavanja po PK	SRPS EN 1427	°C	50,1	46 – 54
Indeks penetracije	SRPS EN 12591 - A		-0,1	-1.5 – 0.7
Relativna zapreminska masa	SRPS EN 15326	Mg/m ³	1.011	-
Duktilitet na 25°C	SRPS B.H8.615	cm	>100	-

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U eksperimentu je ispitano 13 mješavina, jedna kontrolna (KM) i 12 eksperimentalnih mješavina u kojima je izvršena zamjena kamenog brašna pepelom u različitim procentima (25%, 50%, 75%, i 100%). Pepeli iz TE "Pljevlja", TE "Gacko" i TE "Kosovo B" u ovom radu nose oznake grupa P, G i K, respektivno. Kodovi mješavina spravljenih za potrebe ovog eksperimenta dati su u tabeli 8.

Tabela 8. Kodovi mješavina u skladu sa procentom zamjene kamenog brašna

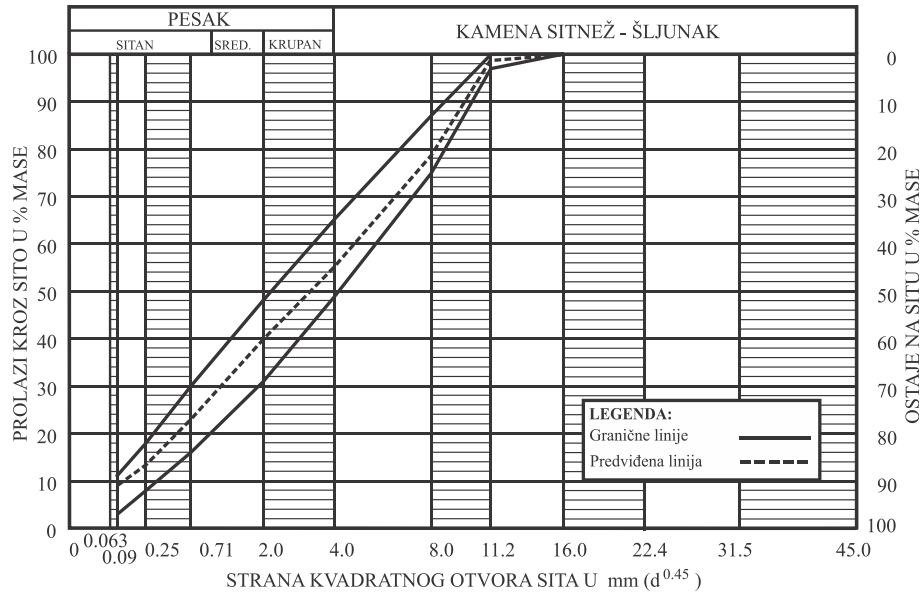
Kod mješavine	Procenat zamjene kamenog brašna		
	G grupa	P grupa	K grupa
KM	0	0	0
G ₂₅	25	0	0
G ₅₀	50	0	0
G ₇₅	75	0	0
G ₁₀₀	100	0	0
P ₂₅	0	25	0
P ₅₀	0	50	0
P ₇₅	0	75	0
P ₁₀₀	0	100	0
K ₂₅	0	0	25
K ₅₀	0	0	50
K ₇₅	0	0	75
K ₁₀₀	0	0	100

Optimalni sadržaj bitumena (OKB) za kontrolnu mješavinu AB 11s i zapreminska struktura su određeni Maršalovom metodom (SRPS EN 12697-34). OKB iznosi 5,6% i pri tom sadržaju stabilnost mješavine je 10,2 kN i šupljine u asfaltnom uzorku su 5%. U cilju ispitivanja eksperimentalnih mješavina pod istim okolnostima kao i KM, optimalna količina bitumena od 5,6% primijenjena je pri spravljanju svih mješavina.

Granulometrijski sastav kontrolne mješavine prikazan je na slici 1, dok je učešće komponentalnih materijala u mineralnoj i asfaltnoj mješavini prikazano u tabeli 9.

Tabela 9. Sastav asfaltne mješavine

Komponentalni materijali	Porijeklo materijala	Mineralna mješavina (%)	Asfaltna mješavina (%)
Kameno brašno	"Šišković" Podgorica	4	3.8
0/4	"Štitarica" Mojkovac	50	47.2
4/8	"Štitarica" Mojkovac	23	21.7
8/11	"Štitarica" Mojkovac	23	21.7
BIT 50/70	Rafinerija nafte „Bosanski Brod"	-	5.6
	Ukupno	100	100



Slika 1. Granulometrijski sastav mineralne mješavine

Za sve spravljene mješavine određena je zapreminska struktura i fizičko-mehaničke karakteristike primenom metoda prikazanih u tabeli 10.

Tabela 10. Ispitivanja zapreminske strukture sa pripadajućim metodama

Ispitivanje	Metoda	Jedinica mjere
Zapreminska masa asfaltnog uzorka	SRPS EN 12697-6:2013 - procedura B	Mg/m ³
Zapreminska masa asfaltne mješavine	SRPS EN 12697-5:2011 - procedura A	Mg/m ³
Šupljine u asfaltnom uzorku	SRPS EN 12697-8:2011	%
Šupljine u mineralnoj mješavini	SRPS EN 12697-8:2011	%
Stabilnost	SRPS EN 12697-34:2013	kN
Deformacija (tečenje)	SRPS EN 12697-34:2013	mm

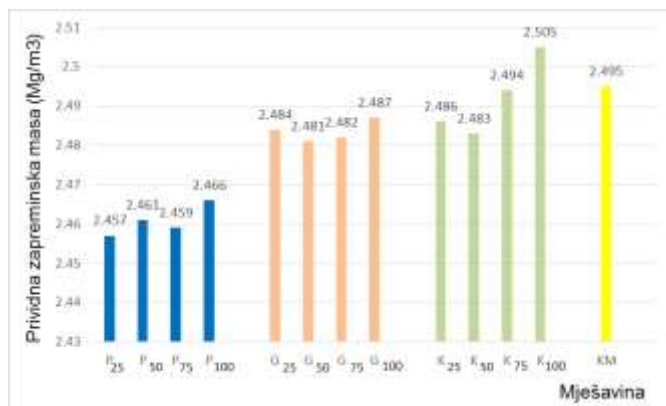
Otpornost na dejstvo vode ispitana je u skladu sa SRPS EN 12697-12:2008. Odnos čvrstoća na indirektno zatezanje Maršalovih uzoraka čuvanih u vodom zasićenom stanju i uzoraka u suvom stanju, predstavljen je veličinom ITS (Indirect tensile stability).

Ispitivanje otpornosti asfaltne mješavine AB 11s na trajnu deformaciju izvršeno je na malom uređaju, procedura B, na vazduhu, na temperaturi od 60°C, poslije 10 000 ciklusa (20000 prelaza) u skladu sa metodom SRPS EN 12697-22:2012. U cilju simuliranja uslova na terenu, prije sabijanja, asfaltne mješavine su kondicionirane na temperaturi od 135°C u trajanju od 4h. Za svih 13 mješavina spravljene su i ispitane po dvije ploče dimenzija 320 x 260 x 50 mm.

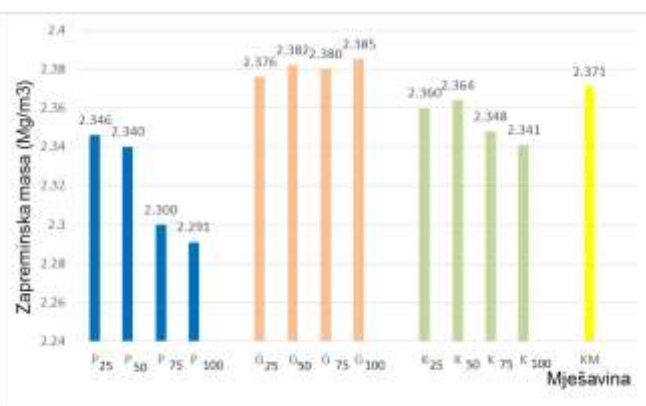
4. REZULTATI ISPITIVANJA

4.1 Zapreminska struktura mješavina

Pri optimalnoj količini bitumena 5,6% za KM, dobijena zapreminska struktura svih ispitanih mješavina predstavljena je na slikama 2 - 7.



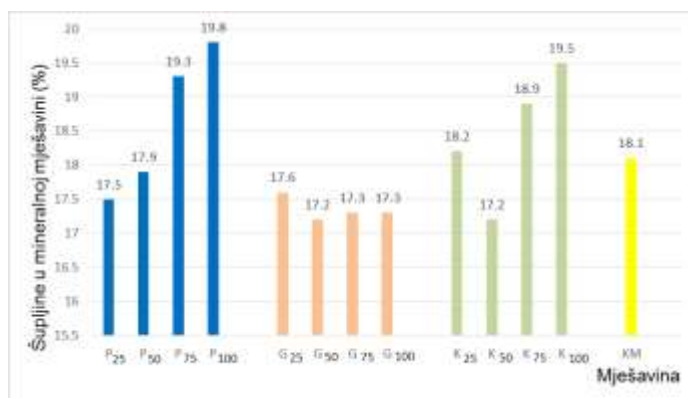
Slika 2. Prividna zapreminska masa



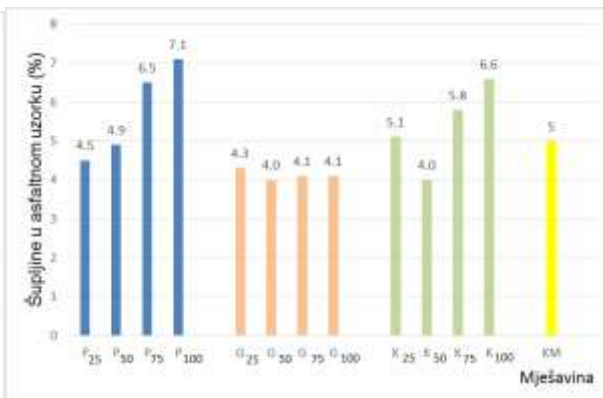
Slika 3. Zapreminska masa

Prividna zapreminska masa svih mješavina P i G grupe, kao i mješavina K₂₅ i K₅₀ je manja od KM, dok mješavina K₇₅ ima skoro identičnu prividnu zapreminsku masu kao i KM, a kod mješavine K₁₀₀ je ona za 0,4 % veća u odnosu na KM). Mješavina P₂₅ ima najmanju maksimalnu zapreminsku masu, za 1,5% manju od KM.

Zapreminska masa mješavina iz P i K grupe je manja od zapreminske mase KM, dok mješavine iz G grupe imaju vrijednosti veće od KM, pri čemu zapreminska masa mješavina G blago raste sa porastom sadržaja pepela. Zapreminska masa mješavina P grupe ima vidno opadajući trend sa porastom sadržaja pepela, dok mješavine grupe K imaju slabije izražen opadajući trend sa porastom procenta zamjene. Najmanju zapreminsku masu ima mješavina P₁₀₀ (za 3,4% manju od KM), dok najveću zapreminsku masu ima mješavina G₁₀₀ (za 0,6 % veću od KM).



Slika 4. Šupljine u mineralnoj mješavini

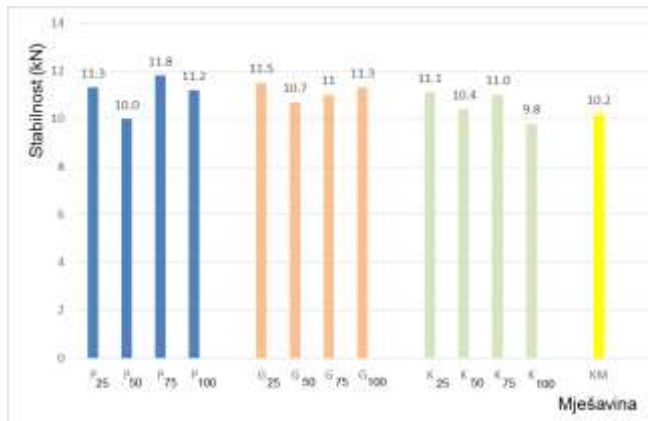


Slika 5. Šupljine u asfaltnom uzorku

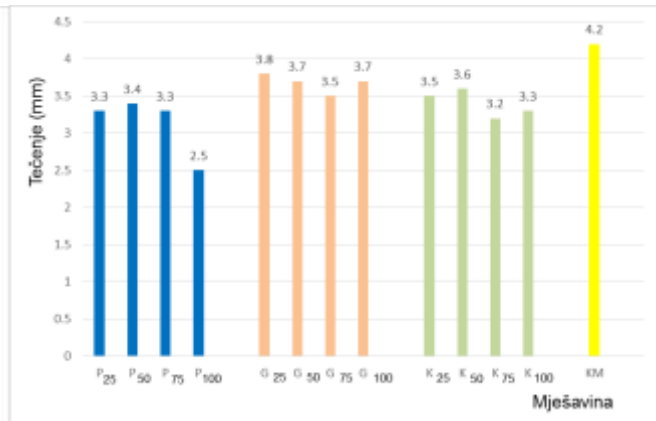
Šupljine u mineralnoj mješavini u svim mješavinama G grupe imaju uglavnom iste vrijednosti, i to manje od vrijednosti za KM. Kod mješavina iz P grupe uočljiv je konstantan prirast šupljina u mineralnoj mješavini sa porastom procenta zamjene. Do 50% zamjene, šupljine su manje nego kod KM, dok se sa povećanjem procenta zamjene šupljine značajno uvećavaju. U mješavinama K grupe uočava se značajan pad šupljina kod mješavine K₅₀, dok za ostale mješavine iz ove grupe šupljine u mineralnoj mješavini prevazilaze vrijednosti za KM.

Najnižu vrijednost šupljina u mineralnoj mješavini imaju mješavine G₅₀ i K₅₀, za 4,9% manju od KM, dok najveću vrijednost imaju mješavine iz P i K grupe sa 75% i 100% zamjene, pri čemu su šupljine u mineralnoj mješavini P₁₀₀ za 9,4% veće od KM.

Šupljine u asfaltnim mješavinama P, G i K grupe uglavnom imaju isti trend u okviru grupe kao i šupljine u mineralnoj mješavini. Mješavine G grupe i K₅₀ imaju u prosjeku za oko 16% manje šupljine od KM, dok se mješavina P₁₀₀ ističe sa najvećim procentom šupljina u asfaltnoj mješavini, za čak 42% većim u odnosu na KM. Ovu mješavinu prate P₇₅ i K₁₀₀ sa oko 31% većim šupljinama u odnosu na KM.



Slika 6. Stabilnost



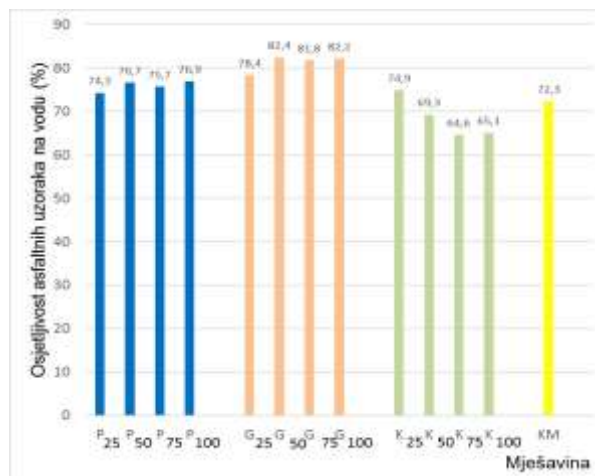
Slika 7. Tečenje

Stabilnost svih mješavina sa pepelom je veća od stabilnosti KM, osim mješavine K₁₀₀ koja ima najmanju stabilnost od svih ispitanih mješavina (za 3,9% manju od KM), dok je P₅₀ izjednačena sa KM. Mješavina P₇₅ ima najveću stabilnost, za 15,7 % veću od KM.

Tečenje (deformacija) svih mješavina sa pepelom je manja od KM, pri čemu P grupa generalno ima najmanje vrijednosti. Mješavina P₁₀₀ ima najmanju deformaciju, čak 40% manju od KM. Mješavine G i K grupe imaju uglavnom uravnotežene vrijednosti unutar grupe, u prosjeku za oko 16,7 % manje u odnosu na KM.

4.2 Otpornost na dejstvo vode

Osjetljivost asfaltnih uzoraka na vodu izražena je kao odnos čvrstoća na indirektno zatezanje uzoraka u vodom zasićenom stanju i uzoraka u suvom stanju, prikazana je na slici 8.

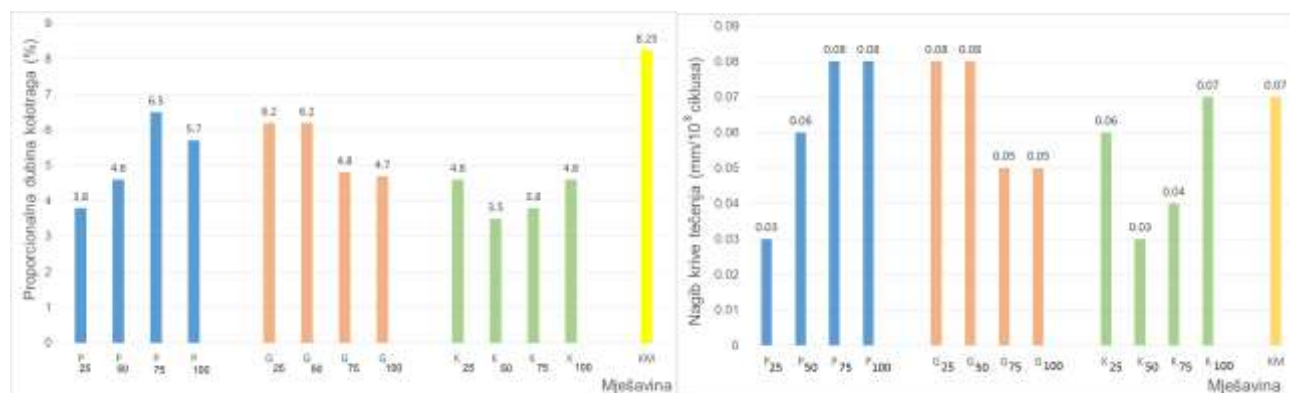


Slika 8. Osjetljivost asfaltnih uzoraka na vodu

Odnos čvrstoća na indirektno zatezanje uzoraka u vodom zasićenom stanju i uzoraka u suvom stanju trebao bi da se nađe u rasponu 70%-80%, dok minimalni zahtjev prema MORTH (2013) iznosi 75%. KM se nalazi u rasponu 70% – 80%, ali je ispod 75%. Sa dijagrama na slici 8 je uočljivo da mješavine K₅₀, K₇₅ i K₁₀₀ ne udovoljavaju čak ni blažem od ova dva kriterijuma. Mješavine grupe P su u zahtijevanom rasponu 70% - 80%, dok se mješavine grupe G odlikuju boljom otpornošću na dejstvo vode: mješavina G₅₀ ima odnos čvrstoća na indirektno zatezanje za 14% veći od KM.

4.3 Otpornost na trajnu deformaciju

Na slici 9 prikazani su rezultati ispitivanja otpornosti mješavina na trajnu deformaciju izraženi preko proporcionalne dubine kolotruga u odnosu na debljinu uzorka. Na slici 10 prikazan je nagib krive tečenja.



Slika 9. Proporcionalna dubina kolotruga

Slika 10. Nagib krive tečenja

Proporcionalna dubina kolotruga je najveća kod KM i sve mješavine sa dodatkom pepela imaju manju dubinu kolotruga od KM. U P grupi se vidi prirast kolotruga do 75% zamjene, poslije čega se kolotrazi smanjuju. U G grupi postoji izvjestan trend smanjenja kolotruga sa dodatkom pepela. Mješavine sa G₇₅ i G₁₀₀ u ovoj grupi imaju najmanje kolotruga. Kod K grupe najveći kolotrazi su kod mješavina K₂₅ i K₁₀₀, dok mješavina K₅₀ ima najmanje kolotruga od svih mješavina, za 57,6 % manje od KM.

Nagib krive tečenja u rasponu 10 000 – 20 000 ciklusa generalno prati trendove koje ima proporcionalna dubina kolotruga. Kod mješavine grupe P povećanje dubine kolotruga se ubrzava sa povećanjem procenta pepela, dok je kod mješavina u grupi G evidentan opadajući trend, odnosno dodatak pepela utiče na smanjenje brzine prirasta deformacije. Kod mješavina grupe K nagib krive tečenja se smanjuje sa dodatkom pepela do 50%, a zatim, slično mješavinama u grupi P, povećava sa dodatkom veće količine pepela.

5. DISKUSIJA REZULTATA

Prividna zapreminska masa mješavina sa pepelom je tipično manja nego kod kontrolne mješavine. Jedino je kod mješavina K₇₅ i K₁₀₀ dobijena ista ili veća (respektivno) prividna zapreminska masa u odnosu na kontrolnu mješavinu. Najmanja prividna zapreminska masa je dobijena za P mješavine, što je očekivano, imajući u vidu da ovaj pepeo ima najmanju zapreminsku masu (tabela 2). Prividna zapreminska masa mješavine iz G grupe je ujednačena, bez obzira na procenat dodatog pepela. Mješavine K₂₅ i K₅₀ imaju prividnu zapreminsku masu uporedivu sa mješavinama iz grupe G, a sa povećanjem sadržaja pepela u K grupi, prividna zapreminska masa se značajno povećava.

Za mješavine P i K grupe dobijen je generalno trend porasta prividne zapreminske mase sa porastom sadržaja pepela (izuzev mješavine K₅₀), dok je kod mješavine iz G grupe prividna zapreminska masa skoro konstantna, sa vrlo blagim rastućim trendom.

Zapreminska masa laboratorijskih uzoraka mješavina P grupe ima najmanje vrijednosti, što korespondira sa zapreminskom masom pljevaljskog pepela. Mješavine G grupe imaju veće zapreminske mase od kontrolne mješavine, što takođe odgovara podatku o zapreminskoj težini gatačkog pepela, dok je za mješavine iz K grupe, za sve procenat zamjene kamenog brašna pepelom, zapreminska masa manja od zapreminske mase kontrolne mješavine. Ovaj podatak ne korelira sa podatkom o težini kosovskog pepela, koji ima veću zapreminsku masu od kamenog brašna.

Uočljivo je da zapreminske mase mješavina iz P i G grupe koreliraju sa zapreminskim masama pepela u odnosu na KM, dok zapreminske mase mješavina iz K grupe imaju nešto niže vrijednosti u odnosu na trend zapreminske

težine kosovskog pepela u odnosu na ostale pepele. Očigledno je da karakteristike kosovskog pepela utiču na kompaktilnost mješavine zbog različite interakcije materijala u odnosu na ostale pepele.

Šupljine u mineralnoj mješavini i šupljine u asfaltnom uzorku kod mješavina P i K grupe imaju rastući trend (izuzev mješavine K₅₀), pri čemu za veće sadržaje pepela prevazilaze odgovarajuće šupljine u kontrolnoj mješavini. Obije kategorije šupljina za mješavine grupe G su skoro konstantne i manje od odgovarajućih šupljina u kontrolnoj mješavini.

Stabilnost svih mješavina izuzev P₅₀ i K₁₀₀ je veća od stabilnosti kontrolne mješavine, a i za te dvije mješavine je dobijena neznatno manja stabilnost od kontrolne mješavine. Tečenje svih mješavina je manje od tečenja kontrolne mješavine. Tečenje je najmanje kod P mješavina, a najveće kod G mješavina.

Otpornost na dejstvo vode kod svih mješavina P i G grupe je veća nego kod kontrolne mješavine i relativno malo zavisi od sadržaja pepela. Pri tome mješavine iz grupe P imaju nešto bolju otpornost na dejstvo vode. Mješavine iz grupe K imaju manju otpornost od kontrolne mješavine i otpornost se smanjuje sa povećanjem sadržaja pepela.

Dodatak bilo kog od tri pepela koji su korišćeni u eksperimentalnom istraživanju pozitivno utiče na otpornost mješavina na trajnu deformaciju, tako da sve tri grupe mješavina imaju manju proporcionalnu dubinu kolotruga u odnosu na kontrolnu mješavinu, i kreću se od 3.5% do 6.5% za sve mješavine, što je manje od kritičnih 7% koji se uzimaju kao granična deformacija za teško saobraćajno opterećenje. Međutim, brzina prirasta deformacije, odnosno nagib krive tečenja je veći od nagiba za kontrolnu mješavinu koji iznosi 0.07, za mješavine grupe P sa velikim sadržajem pepela (P₇₅ i P₁₀₀) i iz grupe G sa malim sadržajem pepela (G₂₅ i G₅₀). Za sve ostale mješavine nagib je jednak ili manji od nagiba kontrolne mješavine.

6. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati ispitivanja zapreminske strukture, otpornosti na dejstvo vode i otpornosti na trajnu deformaciju 12 eksperimentalnih asfaltnih mješavina u kojima je kameno brašno u određenom procentu (25%, 50%, 75%, i 100%) zamijenjeno sa tri vrste elektrofilterskog pepela različitog porijekla (TE „Pljevlja“, TE „Gacko“ i TE „Kosovo B“).

Dodavanjem pepela može se postići zadovoljavajuća zapreminska struktura asfaltnih mješavina, pri čemu zapreminska masa i šupljine u mineralnoj i asfaltnoj mješavini generalno zavise od vrste pepela i njegovog sadržaja. Stabilnost i tečenje mješavina sa elektrofilterskim pepelom su bolje u odnosu na kontrolnu mješavinu.

Otpornost na dejstvo vode primarno zavisi od vrste pepela i za pepele iz grupa P i G je dobijena veća otpornost od kontrolne mješavine, dok za pepele iz grupe K ona zavisi od sadržaja pepela. Dodatak pepela iz sva tri izvora takođe doprinosi poboljšanju otpornosti na trajnu deformaciju mješavina u odnosu na kontrolnu mješavinu.

Na bazi svega iznijetog može se zaključiti da je moguće napraviti asfaltne mješavine AB 11s sa dodatkom pepela da se zadovolje svi zahtijevani parametri u pogledu zapreminske strukture, otpornosti na dejstvo vode i otpornosti na trajnu deformaciju. Dalja istraživanja biće fokusirana na istraživanje uticaja pepela na krutost asfaltnih mješavina.

Zahvalnost

Ispitivanja navedena u ovom radu izvršena su u sledećim institucijama: TPA za obezbeđenje kvaliteta i inovacije d.o.o., Čačak, Srbija; Laboratorija za kolovozne konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Srbija; Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija; Centar za ekotoksikološka ispitivanja d.o.o., Podgorica, Crna Gora. Autori se zahvaljuju na nesebičnoj podršci u izvođenju ispitivanja.

LITERATURA

Ali, N., Chan, J.S., Simms, S., Bushman, R., Bergan, A.T. (1996). Mechanistic Evaluation of Fly Ash Asphalt Concrete Mixtures. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol.3 No. 4, pp.1101-1190, Innovative Space of Scientific Research Journals

Al-Suheibani, A.R. (1968). The Use of Fly Ash as an Asphalt Extender. PhD thesis, Univ. of Michigan, University of Microfilms International, Ann Arbor, MI.

- Androić, I., Kaluđer, G., Komljen, M. (2013). Usage of the Fly Ash in Hot Mix Asphalt Mixes. *XXVIII International Baltic Road Conference*, Vilnius, Lithuania
- Butul, B. (2000). Performance characteristics of coal fly ash and wood ash-modified asphalt mixtures, Master thesis, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida
- Carpenter, C.A. (1952). A comparative study of fillers in asphaltic concrete; *Public Roads*, 27(5): 101-110.
- Çelika, Ö. (2008). Influence of Fly Ash on the Properties of Asphalt. *Petroleum Science and Technology*, Volume 26, Issue 13
- Đureković, A., Mladenović, G. (2015). The Performance of bitumen mastics with the addition of fly ash, *Bituminous Mixtures & Pavements VI – Nikolaidis (Ed.)*, *Taylor and Francis Group*, London, ISBN 978-1-138-02866-1
- Indian Roads Congress (2008). Tentative specifications for stone matrix asphalt, IRC: SP: 79 – 2008.
- Kar, D., Panda, M. and Giri, J.P. (2014). Influence of Fly Ash as a Filler in Bituminous Mixes. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 9, No. 6, pp. 895-900.
- Mirković, K., Mladenović, G. (2017). Ispitivanje svojstava elektrofilterskog pepela u cilju primjene u asfaltnim mješavinama; Rad prihvaćen za izlaganje na naučno-stručnom skupu „Put i životna sredina“, Vršac, 28.-29.09.2017.
- Mistry, R. and Roy, T.K. (2016). Effect of Fly Ash as Alternative Filler in Hot Mix Asphalt. *Perspectives in Science*, 8, 307-309
- MORTH (2013). Specifications for Road and Bridge Works, *5th revised edition*, *Indian Roads Congress (IRC)*, Ministry of Road Transport & Highways, India
- Sharma, V.; Chandra, S.; Choudhary, R. (2010). Characterization of Fly Ash Bituminous Concrete Mixes, *Journal of Materials in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 22, No. 12, pp. 1209-1216
- Rongali, U., Singh, G., Chourasiya, A., Jain, P.K. (2013). Laboratory investigation on use of fly ash plastic waste composite in bituminous concrete mixtures; *2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG)*; ScienceDirect; *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 104, 89 – 98
- Sobolev, K., Flores, I.V., Bohler J. D., Faheem, A., Covi Art. (2013). Application of Fly Ash in ASHphalt Concrete: from Challenges to Opportunities, *World of Coal Ash Conference*, April 22-25, 2013, Lexington, Kentucky
- Sobolev, K., Flores, I.V., Saha, R. Wassiudin, N.M. (2014) The Effect of Fly Ash in the Rheological Properties of Bituminous Materials, *Fuel*, Volume 116, 15 January 2014, Pages 471-477
- Zimmer, F. V. (1970). Fly ash as a bituminous filler, *U.S. Department of Interior*, Bureau of Mines, Washington, D.C.

MOGUĆNOST PRIMENE BAKARNE ŠLJAKE U ASFALTNIM MEŠAVINAMA

Jelena Đorđević¹, Goran Mladenović², Ljubomir Marinović³

¹Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, djordjevic.jelena030@gmail.com

²Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, gmlad2003@yahoo.com

Rezime: Poslednjih godina je u svetu zabeležen trend sve veće primene alternativnih i otpadnih materijala za izgradnju građevinskih objekata. Jedan od tih materijala je i bakarna šljaka koja nastaje topljenjem i preradom rude bakra. Dosadašnja istraživanja mogućnosti primene ovog materijala u asfaltnim mešavinama su se svodila na zamenu kamenog agregata sa do 40% bakarne šljake, i analizu zapreminske strukture, stabilnosti i tečenja, kao i otpornosti na trajnu deformaciju asfaltnih mešavina. Opšti zaključak je da se zamenom do 20% agregata šljakom mogu postići zahtevane fizičko-mehaničke karakteristike asfaltnih mešavina. Cilj ovog rada je da se istraži mogućnost primene bakarne šljake iz RTB-a Bor u asfaltnim mešavinama za noseće slojeve kolovoznih konstrukcija. U tu svrhu izvršeno je ispitivanje hemijskog sastava, granulometrijskog sastava, zapreminske mase, upijanja vode, drobljivosti materijala, prionljivosti zrna za bitumen i oblika zrna i svi rezultati ukazuju da je moguće primeniti bakarnu šljaku u nosećim i habajućim asfaltnim slojevima kolovozne konstrukcije.

Ključne reči: bakarna šljaka, asfaltne mešavine, životna sredina

POSSIBLE USE OF COPPER SLAG IN ASPHALT MIXTURE

Jelena Đorđević¹, Goran Mladenović², Ljubomir Marinović³

¹Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73, djordjevic.jelena030@gmail.com

²Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73, gmlad2003@yahoo.com

Abstract: In recent years there has been a trend toward using alternative and waste materials for the construction industry around the world. One of those materials is copper slag, a by-product of melting and processing of the copper ore. Previous studies on the possibility of using this material in asphalt mixtures were limited. However, they have shown that the copper slag can be used in the certain percentage without compromising the required physical and mechanical characteristics of the asphalt mixture. Earlier studies investigated the replacement of the stone aggregate with up to forty percent of the copper slag. They also analyzed the internal structure, stability and flow, as well as the resistance to the permanent deformation of the asphalt mixture. The general conclusion is that by replacing up to twenty percent of the aggregate with slag, the required physical and mechanical characteristics of the asphalt mixture can be achieved. The aim of this paper is to investigate the possibility of using the copper slag from RTB Bor in asphalt mixture for supporting layers of pavement structure. The results of testing of chemical composition, gradation, bulk density, water absorption, fragmentability, the bitumen adhesion and particle shape are favorable indicating the possibility of use of copper slag in the base and wearing courses of pavement structures.

Key words: copper slag, asphalt mixture, environment

1. UVOD

Brz industrijski razvoj tokom poslednjih decenija doveo je do stvaranja raznovrsnog industrijskog otpada koji nameće ozbiljne ekološke probleme za čovečanstvo. U više navrata su vršeni pokušaji da se poveća ponovna upotreba otpadnih materijala, čija je svrha postizanje više ciljeva – smanjenje veličine deponija, tehnička korist od upotrebe otpadnog materijala u različitim primenama; smanjenje troškova (ekonomska korist) i smanjenje potrošnje prirodnih materijala i energije.

Jedan od otpadnih materijala koji predstavlja veliki ekološki problem u našoj zemlji zbog velikih deponija ovog industrijskog nusprodukta je bakarna šljaka Rudarsko topioničarskog basena Bor.

Bakarna šljaka se dobija metalurškom preradom koncentrata bakra. Ovaj materijal se odlikuje visokim sadržajem bakra i plemenitih metala. Na osnovu podataka International Copper Study Group [1] proizvodnja bakra je 2016. godine dostigla 23.000.000 t, od čega je pirometalurškom preradom sulfidnih koncentrata

¹Jelena Đorđević, djordjevic.jelena030@gmail.com

proizvedeno oko 19.000.000 t. Uzimajući u obzir da na svaku tonu proizvedenog bakra nastaje oko 2,2-3 t šljake u svetu [2], dolazi se do podatka da je u 2016. god. generisano oko 45.000.000 t šljake koja se tradicionalno odlaže kao otpadni materijal.



Slika 1. Deponija bakarne šljake u Boru

Mogućnost primene bakarne šljake, iz koje nije ekonomično ponovo izdvajati bakar, je veoma velika. Šljaka se koristi kao dodatak u proizvodnji abrazivnih i reznih alata i abraziva, keramičkih pločica, stakla, cementa, maltera i betona, asfaltnih mešavina i dr. Ovim materijalom se mogu zatrpavati otkopni prostori u rudnicima, a najgora opcija je odlaganje šljake na deponiju. [3]

Primer upotrebe ove vrste materijala u građevinskoj industriji je rekonstrukcija oko 100 km puteva u Švedskoj. Naime, u Boliden's Ronnskar topionici (Švedska) dobija se granulirana šljaka koja ima komercijalni naziv Iron Sand (FeSiO_2) i kao dobar termoizolacioni i drenažni materijal je naročito pogodna za izradu puteva i podzemnih konstrukcija u hladnim klimatskim uslovima, a može se koristiti i za peskarenje. [3]



Slika 2. Rekonstrukcija ulice korišćenjem granulirane šljake - Boliden Iron Sand u Švedskoj [3]

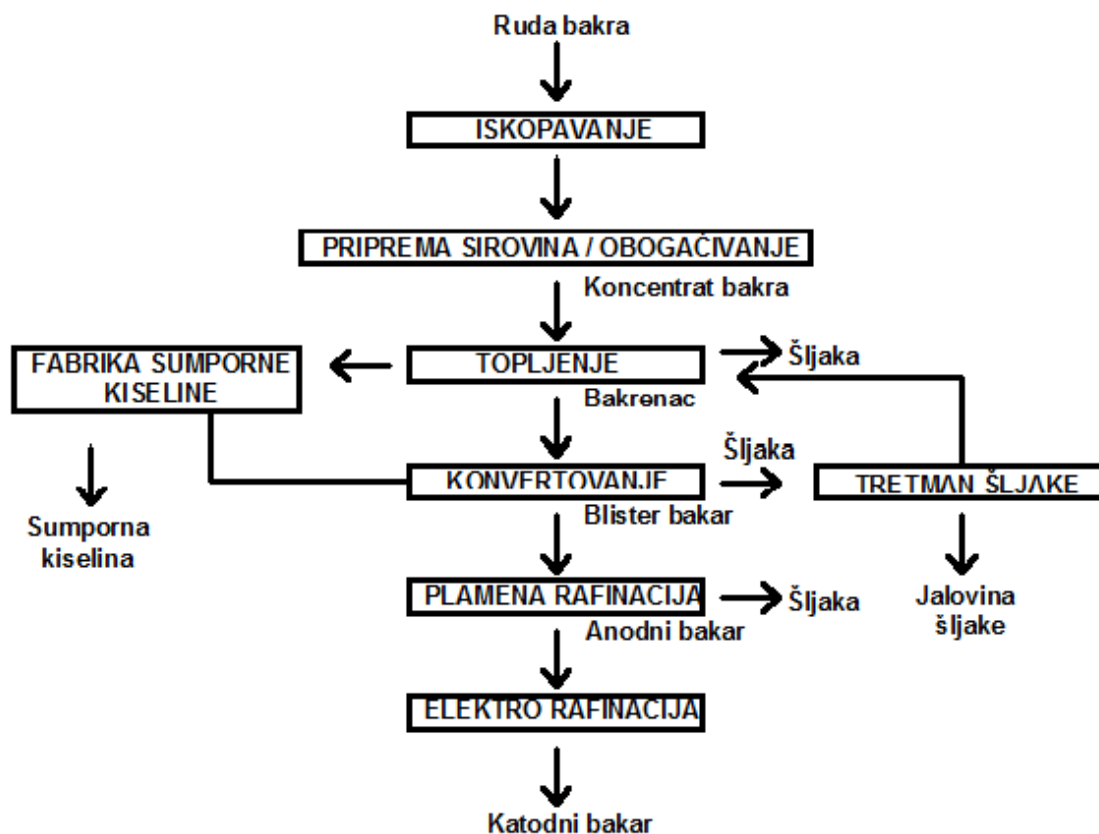
U Rudarsko topioničarskom basenu Bor svakodnevno nastaje od 700 do 1000t šljake, u zavisnosti od kapaciteta prerade. Procenjeno je da je na teritoriji opštine Bor deponovano više od 23 miliona tona zgure na deponijama koje se nalaze neposredno u blizini prerađivačkih kapaciteta. [3], [4]

Cilj ovog rada je istraživanje mogućnosti primene bakarne šljake iz Rudarsko topioničarskog basena Bor u asfaltnim mešavinama. Rezultati ispitivanja hemijskog sastava, kao i fizičko-mehaničkih osobina predstavljaju relevantan kriterijum koji može odrediti da li se i u kojoj meri ovaj alternativni materijal može upotrebiti, a da se ne ugroze zahtevane karakteristike asfaltna mešavine.

2. MOGUĆNOST PRIMENE BAKARNE ŠLJAKE U ASFALTNIM MEŠAVINAMA

2.1. Postupak dobijanja šljake

Sam proces proizvodnje bakra je veoma složen i može se odvijati na više načina, u zavisnosti od usvojene tehnologije. U Rudarsko topioničarskom basenu Bor primenjuje se pirometalurški postupak dobijanja ovog metala koji je šematski prikazan na slici 3.



Slika 3. Šema pirometalurškog postupka dobijanja bakra iz koncentrata bakra [3]

Prikazani proces sastoji se iz više faza, gde su topljenje koncentrata, konvertovanje bakrenca i plamena rafinacija blister bakra etape iz kojih se izdvaja šljaka kao otpadni materijal.

Prilikom topljenja koncentrata nastaju bakrenac, šljaka i izlazni gas bogat sumpordioksidom. Bakrenac i šljaka se u plamenoj peći razdvajaju na osnovu razlike u gustinama i na poseban način ispuštaju iz nje. Bakrenac se kao tečan materijal posudama transportuje do konvertora, dok se šljaka direktno odbacuje ako je sadržaj bakra u njoj nizak ($< 1\% \text{ Cu}$). Međutim, kako je ova šljaka bogata bakrom i plemenitim metalima, ona se dodatno prerađuje flotacijskim i pirometalurškim putem i nakon toga se odbacuje [3].

Konvertovanje je faza u kojoj se prerađuje bakrenac i nastaju produkti u vidu blister bakra, šljake i gasova. Radi prevođenja gvožđa u šljaku, u prvom periodu produvavanja u konvertor se unosi SiO_2 u cilju stvaranja fajalitne šljake. Nastala šljaka se potom izliva iz konvertora i vraća u preradu u plamenu peć, kako bi se izvršio povratak bakra koji se u njoj nalazi [3].

Rafinacija blister bakra koji sadrži različite štetne primese vrši se plamenom rafinacijom. Konačni proizvodi ove faze su anodni bakar i šljaka plamene rafinacije, koja je bogata bakrom, pa se šalje kao povratni materijal u preradu [3].

Konačno, dobijanje bakarne šljake u čvrstom stanju odvija se tako što se usijana zgura, koja se ne vraća više u ponovnu preradu, ispušta iz plamenih peći i odvozi na deponiju na kojoj se zgura nekontrolisano (prirodno) hladi i prelazi u čvrsto agregatno stanje.

2.2. Hemijski sastav

Bakarna šljaka iz Rudarsko topioničarskog basena Bor je mineralni materijal u čijem sastavu preovladavaju jedinjenja kiselog karaktera koja su nosioci dobrih fizičko-mehaničkih karakteristika. Hemijski sastav šljake omogućava da ona ne reaguje na druge mineralne materijale sa kojima se meša, postojana je u agresivnoj sredini i potpuno je inertna na dejstvo vode. Hemijska analiza bakarne šljake je izvršena analitičkom metodom i rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijski sastav bakarne šljake iz Rudarsko topioničarskog basena Bor

Element	Sadržaj (%)	Analitička metoda
H ₂ O	<20	G
SiO ₂	40.38	G
Cu	0.27	SF
Fe	26.02	V
Al ₂ O ₃	4.06	AAS
FeO	15.08	V
Fe ₂ O ₃	18.42	R
Fe ₃ O ₄	1.42	A-Fe ₃ O ₄
MgO	0.43	AAS
CaO	23.10	AAS
Na ₂ O	0.13	AES
K ₂ O	0.34	AES
Cl ⁻	0.0324	SF/FOT
P ₂ O ₅	0.080	ICP-AES
Mn ₂ O ₃	0.025	ICP-AES

U tabeli su korišćeni sledeći kodovi za analitičke metode:

FOT – fotometrija

ICP-AES – atomska emisiona spektrometrija sa induktivno kuplovanom plazmom

AES – atomska emisiona spektrometrija

SF – spektrofotometrija

AAS – atomska apsorpciona spektrofotometrija

A-Fe₃O₄ – analizator magnetita

V – volumetrija

R – dobijeno računskim putem

G – gravimetrija

Iz prethodne tabele se može zaključiti da šljaka u najvećem procentu sadrži okside gvožđa, silicijum dioksid i kalcijum oksid.

Oksidi gvožđa su veoma zastupljena baza u rudi, koja značajno utiče na povećanje zapreminske mase šljake. U fazi hlađenja zgure oni izazivaju njenu transformaciju u mineralni materijal stenske strukture. Prema Marinoviću [5], u šljaci se ovo jedinjenje najčešće nalazi u obliku fajalita (Fe₂SiO₄).

Silicijum dioksid (SiO₂) – kvarc je komponenta koja ima sposobnost da neutrališe skoro sve okside baza koji se nalaze u rudi, tako da predstavlja jednu od najvažnijih komponenti, a može služiti i kao kriterijum kvaliteta šljake. Doprinosi da šljaka bude manje tečna, pa je često potrebno dodavati topitelje (okside baza), kako bi se ova osobina šljake popravila. Veća količina SiO₂ u šljaci ima uticaj na smanjenje zapreminske mase bez pora i na zrnima šljake prouzrokuje pojavu staklastih površina. [5]

Kalcijum oksid (CaO) je jak oksid baze koji je veoma bitan u procesu topljenja za ostvarivanje željenog kvaliteta. Dodaje se kao topitelj sa ciljem da se smanji stepen kiselosti kod dobijanja šljake. Procenat sadržaja CaO u šljaci je veoma značajan podatak, jer može ukazati na neke osobine zgure.

Šljaka koja u svom sastavu ima 0 - 15% CaO poseduje dobre fizičko-mehaničke osobine, gde se posebno izdvajaju čvrstoća na pritisak, habanje po Beme-u, koeficijent Los Angeles i dr. Pored toga nije izražena

osetljivost na atmosferilije i vodu, što je još jedna dobra osobina materijala koji se može koristiti u građevinarstvu. [5]

Šljaka koja sadrži od 35% do 45% CaO, u prisustvu vode pokazuje određenu hidrauličku aktivnost i vrlo lako reaguje na prisustvo negašenog kreča ili cementa, stvarajući očvrslu mešavinu nakon mehaničkog mešanja. [5]

Dodavanjem kombinacije aluminijum trioksida (Al_2O_3) i gvožđe oksida (FeO) u određenim količinama, šljaka može lakše da se lije u kalupe i oblikuje u željene elemente, a nakon završetka hlađenja dobija se materijal hrapave površine i izražene usitnjenosti. [5]

2.3. Pregled dosadašnjih iskustava u primeni bakarne šljake u asfaltnim mešavinama

Za razliku od čelične šljake, primena bakarne šljake u asfaltnim mešavinama je bila predmet vrlo malog broja istraživačkih projekata.

Ziari i sar. [6] su ispitivali uticaj zamene sitnozrnog agregata (0.075 mm – 4.75 mm) sa bakarnom šljakom na karakteristike asfaltne mešavine. Ispitivali su pet mešavina sa sadržajem šljake od 0% do 40% u odnosu na masu agregata. Na mešavinama su primenom Maršalove metode određivali optimalan sadržaj bitumena, stabilnost i tečenje. Autori su zaključili da se sa povećanjem sadržaja šljake do 20% neznatno povećavaju zapreminska masa i šupljine, dok se za mešavine sa sadržajem šljake većim od 20% šupljine znatno povećavaju. Stabilnost mešavine raste sa povećanjem sadržaja šljake do 20%, a zatim opada, ali za sadržaje šljake do 30% ima zadovoljavajuću vrednost, dok se tečenje smanjuje sa povećanjem sadržaja šljake. Autori su izneli pretpostavku da je povećanje stabilnosti uzrokovano uglastim oblikom zrna i visokim koeficijentom unutrašnjeg trenja šljake, ali da pri većem sadržaju šljake dolazi do segregacije usled veće zapreminske mase i manje zapremine sitnih frakcija od šljake, usled čega mešavine sa većim procentom šljake imaju veći sadržaj šupljina u mineralnoj mešavini.

Pundhir i sar. [7] bavili su se ispitivanjem upotrebe bakarne šljake kao finog agregata (zamena do 30% mase ukupnog agregata) u asfaltnim mešavinama, kao što su asfaltni makadam (BM), gusti asfaltni makadam (DBM), asfaltni beton (BC) i polu-gusti asfaltni beton (SDBC). Sastav ispitanih asfaltnih mešavina prikazan je u tabeli 2. Na osnovu dobijenih rezultata izvedeni su zaključci da se zapreminska masa asfaltnih mešavina povećava dodavanjem bakarne šljake. Povećanje sadržaja ovog materijala kao finog agregata u raznim asfaltnim mešavinama poboljšava atheziju, zapreminska svojstva i mehanička svojstva mešavina.

Tabela 2. Procentualno učešće bakarne šljake u različitim asfaltnim mešavinama [7]

Vrsta mešavine	Poreklo (ili vrsta) agregata (%)				
	Kvarc		Bakarna šljaka	Kamena prašina	Hidratirani kreč
	20mm	10mm			
BM	40	40	17	3	-
DBM	30	30	32	6	2
BC	33	20	30	15	2
SDBC	23	35	30	10	2

Raposeirasa i sar. [8] su istraživali primenu bakarne šljake u asfaltnim mešavinama sa starim struganim asfaltom (RAP-om) i zaključili da bakarna šljaka zbog svojih fizičko-hemijskih osobina, kao što su ugaoni oblik zrna, sadržaj kreča i niski sadržaj silikata, uz unutrašnje trenje i atheziona karakteristike zrna doprinosi boljem ponašanju mešavina sa RAP-om i minimizaciji efekata starenja bitumena. Oni su ispitivali asfaltne mešavine sa 0% - 40% RAP-a u kombinaciji sa 0% - 35% bakarne šljake u odnosu na ukupnu masu agregata. Primenom Maršalove metode izvršeno je ispitivanje stabilnosti, tečenja, čvrstoće na zatezanje i modula elastičnosti. Autori su došli do zaključka da prisustvo bakarne šljake povećava zapreminsku masu mešavine za oko 16%, dok se sa povećanjem sadržaja šljake smanjuje stabilnost mešavine, a čvrstoća na zatezanje se povećava za približno 8%, zavisno od kombinacija sadržaja recikliranog asfalta i bakarne šljake. Još jedan od zaključaka je da na niskim temperaturama kohezivnost bakarne šljake, kao i ugaoni oblici zrna doprinose povećanju čvrstoće mešavine, dok su ova svojstva smanjena na visokim temperaturama. Uočeno je da bakarna šljaka ima povoljan uticaj i na tečenje mešavine. Opšti utisak autora je da primena 35% bakarne šljake u mešavinama sa recikliranim asfaltom u količini od 20% poboljšava

osobine ovih mešavina, gde je posebno izraženo povećanje čvrstoća i tečenje bez potrebe za aditivima i drugim proizvodima za podmlađivanje.

Marinović [5] se bavio ispitivanjem mogućnosti primene bakarne šljake iz Rudarsko topioničarskog basena Bor u izgradnji puteva. Kao jedna od mogućnosti istražena je ugradnja nedrobljene bakarne šljake sa deponije u tamponskom sloju kolovoznih konstrukcija. Pri tome je bilo neophodno korigovati njen granulometrijski sastav dodavanjem frakcije 0/4mm. Jedno od bitnih ispitivanja koje je vršio autor je ugrađivanje i sabijanje šljake vibro sredstvima, gde ne dolazi do bitnije promene granulometrijskog sastava. Materijal se lako ugrađuje u tamponski sloj, a rezultati zbijenosti sloja bakarne šljake su za 40% bili bolji od rezultata koji se mogu postići zbijanjem sloja šljunkovitog materijala, pri istoj energiji sabijanja, odnosno jednakom broju prelaza iste garniture valjaka. Ova razlika je posledica oštih ivica zrna šljake koji se mogu lako uklještit i „pakovati“ u sloju, dok je šljunkovitim materijalu potrebna veća energija zbijanja i dodatno vlaženje za postizanje istog stepena zbijenosti. Bakarna šljaka je proverena i na osetljivost na dejstvo mraza, gde su rezultati zadovoljili kriterijume standarda. Na osnovu ovih rezultata autor je zaključio da se nedrobljena šljaka može koristiti za ugradnju tamponskog sloja kolovoznih konstrukcija.

Isti autor je istraživao i primenu drobljene i prosejane bakarne šljake za izradu slojeva gornje noseće podloge i habajućeg sloja kolovozne konstrukcije [5]. Zaključeno je da mešavina sa 35% peska 0/4mm, 10% krečnjačkog agregata u frakciji 4/16mm i 55% bakarne šljake prosejane na situ 45 mm daje dobru mehaničku stabilnost kroz naglašeno unutrašnje trenje i ateziju zrna. Za ovu mešavinu dobijene su i velike zapreminske mase uzoraka urađenih po „Proktor“-u. Time je pokazano da se i drobljena bakarna šljaka može primeniti za izradu gornjih podloga i habajućih slojeva pri izgradnji puteva.

Treći aspekt istraživanja [5] odnosio se na izradu asfalt betona AB 11s sa bakarnom šljakom iz Rudarsko topioničarskog basena Bor i upoređenje sa standardnom asfaltnom mešavinom napravljenom od krečnjačkog materijala iz kamenoloma „Čokonjar“. Ispitivane asfaltne mešavine su sadržale 8% filera, 49% frakcije 0/4mm, 24% frakcije 4/8mm i 19% frakcije 8/11,2 mm. Optimalna količina veziva (bitumena 60) je određena po metodi Maršala. Usvojena optimalna količina bitumena mešavine sa bakarnom šljakom bila je 5,10%, dok je za mešavinu od krečnjačkog materijala bila 5,75%. Može se uočiti da je optimalni sadržaj veziva kod asfaltne mešavine od šljake manji od optimalnog sadržaja veziva kod mešavine sa krečnjačkim materijalom za oko 0,7%, kao posledica znatno veće zapreminske mase šljake. Autor je zaključio da ova razlika ne utiče na promenu kvaliteta asfaltnih mešavina, ali predstavlja veliku uštedu, obzirom da koštanje veziva ima veliki udeo u formiranju cene asfaltne mešavine. Upoređivanjem zapreminskih masa uzoraka utvrđeno je da je zapreminska masa uzoraka izrađenih od šljake veća od uzoraka izrađenih od krečnjačkog materijala. Autor je ispitao i stabilnost i tečenje mešavine i dobio vrednosti koje se nalaze u opsegu koji zadovoljava propisane kriterijume. Koeficijent trenja je meren pomoću klatna na posebno izrađenim uzorcima asfaltnih mešavina. Rezultati su pokazali da asfaltna mešavina izrađena od šljake ima veći koeficijent trenja nego asfaltna mešavina izrađena od krečnjačkog materijala. Prisustvo frakcija šljake sa tvrdim i oštrim ivicama u asfaltnoj mešavini povećava hrapavost, pa je zato preporučeno da se asfaltne mešavine za habajući sloj rade od fracionisane šljake ili da se bar neka od krupnijih frakcija u asfaltnim mešavinama sa krečnjačkim agregatom zameni bakarnom šljakom odgovarajuće krupnoće koja će povećati hrapavost urađenog sloja.

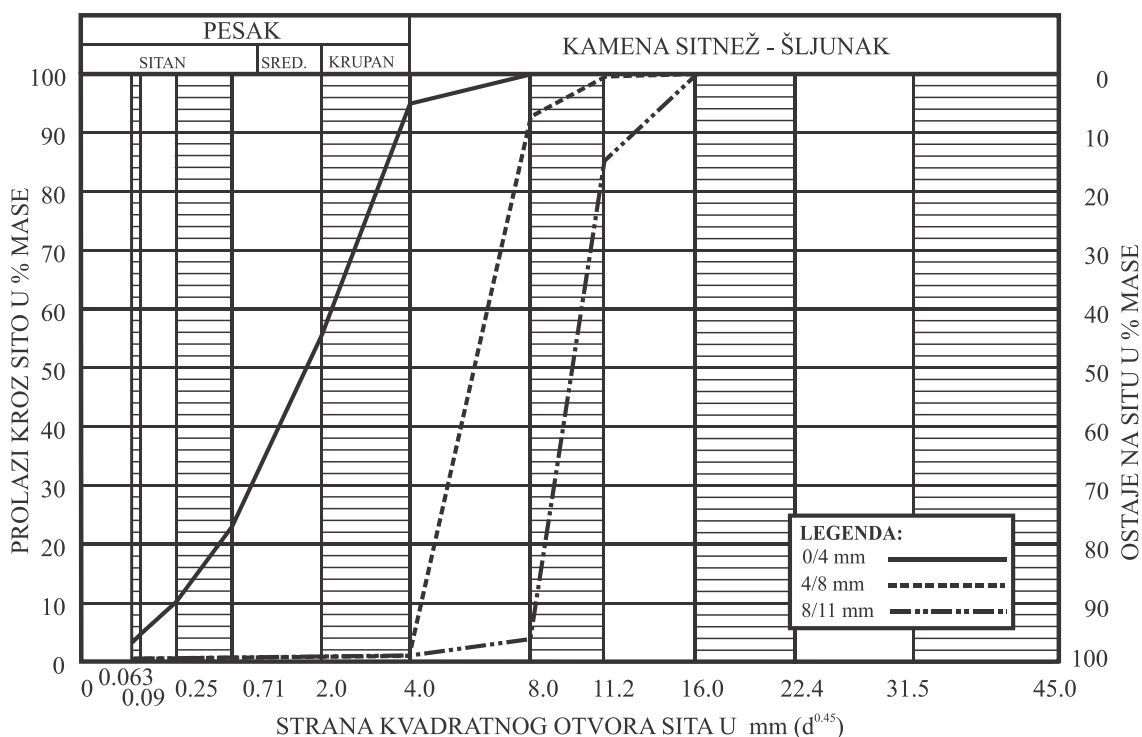
2.4. Fizičko-mehaničke osobine bakarne šljake

Za potrebe ispitivanja osobina bakarne šljake sa deponije Rudarsko topioničarskog basena Bor uzeti su uzorci zgre sa 3 lokacije i formiran je reprezentativni uzorak. Na odlagalištu se bakarna šljaka javlja u vidu drobine različitih veličina zrna (0-60mm). Zrna su tamno sive boje, kubičastog oblika i oštih ivica. Uzorci šljake koji su korišćeni za ispitivanje u ovom radu su drobljeni u laboratorijskoj drobilici i dobijen materijal je prosejan kroz sistem sita i podeljen na frakcije. Na uzorcima pripremljenim na ovaj način vršena su ispitivanja granulometrijskog sastava, zapreminske mase, upijanja vode, drobljivosti materijala (metoda Los Angeles - LA), prionljivosti zrna za bitumen i oblika zrna, u skladu sa važećim standardima.

Granulometrijski sastav dobijenih frakcija šljake je prikazan u tabeli 3, a grafički prikaz granulometrijskih krivih je dat na slici 4.

Tabela 3. Granulometrijski sastav bakarne šljake frakcija 0/4 mm, 4/8 mm i 8/11,2 mm

Otvor sita	Frakcija		
	0-4 mm	4-8 mm	8-11,2 mm
dno	-	-	-
0.063	3.20	0.10	0.10
0.090	4.60	0.10	0.10
0.25	10.10	0.20	0.20
0.71	22.80	0.20	0.20
2.0	55.90	0.20	0.30
4.0	94.90	0.40	0.40
8.0	100	92.60	3.90
11.2		99.90	85.20
16.0		100	100

**Slika 4.** Granulometrijske krive frakcija bakarne šljake

Osnovni razlog za preradu zgure u drobilici je njena velika upotrebna vrednost, jer je materijal u tom obliku posebno pogodan za primenu u asfaltnim mešavinama i izradu slojeva gornje podloge i zastora.

Fizičko-mehaničke karakteristike drobljene bakarne šljake prikazane su u tabeli 4.

Tabela 4. Fizičko-mehaničke osobine drobljene bakarne šljake

Osobina	Metoda ispitivanja	Jedinica mere	Vrednost
Zapreminska masa	SRPS EN 1097-6:2016	kg/m ³	3220
Upijanje vode	SRPS EN 1097-6:2016	%	1,1
Oblik zrna	Kljunastim merilom	%	6,7
Obavijenost	SRPS U.M8.096:1987	%	100/100
Los Angeles koeficijent	SRPS EN 1097-2	%	9,8

Upijanje vode bakarne šljake od 1.1% zadovoljava propisane uslove kvaliteta agregata za spravljenje asfaltnih mešavina.

Oblik zrna je bitna osobina agregata. Ispitivanje ove karakteristike vršeno je kljunastim merilom i rezultati su pokazali da prirodna šljaka ima povoljniji oblik zrna (4,30%) od drobljene šljake (6,67%), što je posledica vrste drobilnog postrojenja. Poželjno je da oblik zrna agregata bude kubičast, a ne pločast i/ili izdužen, zato što kubičast oblik zrna omogućava bolje uklještenje zrna agregata u mineralnoj mešavini, a takođe i bolju prionljivost sa bitumenom. Pločast i izdužen oblik zrna osetno smanjuju otpornost na drobljenje.

Ispitivanjem otpornosti bakarne zgyure na drobljenje i habanje utvrđeno je da LA iznosi 9,8%, što je pokazatelj da šljaka ima odličnu otpornost na drobljenje, i kao takva je pogodna za asfaltne mešavine za habajuće slojeve puteva sa vrlo velikim saobraćajnim opterećenjem.

Na uzorcima bakarne šljake vršeno je i ispitivanje obavijenosti i skidanja ugljovodoničnih veziva sa bakarne zgyure. Ova vrsta ispitivanja je rađena zato što u šljaci ima više samostalnih delova-nosioca kiselih osobina, čije prisustvo može da umanja pogodnost šljake za spravljenje mešavina sa ugljovodoničnim vezivom. Ovit je vršen na uzorku šljake frakcije 4/8mm, a kao ugljovodonično vezivo je korišćen bitumen 50/70. Rezultati su pokazali da je obavijenost zrna bitumenom kod uzoraka 100%, pa se na osnovu ovog podatka može zaključiti da je šljaka pogodan materijal za spravljenje mešavina sa ugljovodoničnim vezivima.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da je mogućnost upotrebe bakarne šljake izuzetno velika. Istraživanja u svetu pokazuju da se ovaj materijal može koristiti u različite svrhe, a veoma pogodne osobine ima za upotrebu u građevinarstvu, posebno za izgradnju puteva. Kao sastavni deo asfaltne mešavine, zamenjujući agregat u određenom procentu, doprinosi dobijanju sličnih ili boljih karakteristika mešavine od standardnih asfaltnih mešavina. Ovaj podatak je ohrabrujući i daje osnovu za dalja ispitivanja bakarne zgyure iz Rudarsko topioničarskog basena Bor, kako bi se utvrđivanjem mogućnosti njene primene rešio problem deponovanja ovog materijala, što bi bio veliki napredak u pogledu ekologije i zaštite životne sredine.

Laboratorijska ispitivanja uzoraka borske bakarne šljake su dala veoma povoljne rezultate. Drobljivost je izuzetno mala, a upijanje vode u dozvoljenim granicama za agregat koji je sastavni deo asfaltnih mešavina. Međutim, zapreminska masa je primetno veća od zapreminske mase standardnih kamenih agregata. Obavijenost zrna bakarne zgyure ugljovodoničnim vezivom je 100%, što je veoma bitna karakteristika agregata koji se koristi za spravljanje asfaltne mešavine.

Literatura

- [1.] International Copper Study Group, <http://www.icsg.org> (pristupljeno dana: 15.07.2017.)
- [2.] Dimitrijević, M.; Urošević, D.; Milić, S.; Urošević, T. (2014), Ekstrakcija bakra iz topioničke šljake prženjem sa piritom ili flotacijskom jalovinom i luženje vodom, Mining & metallurgy engineering, Bor, broj 4, str. 165-173, Mining and Metallurgy Institute Bor.
- [3.] Urošević, D.M. (2016.), Ekstrakcija bakra iz topioničke šljake kombinovanim postupcima, Doktorska disertacija, Tehnički fakultet u Boru Univerziteta u Beogradu.
- [4.] Bogdanović, G.; Trumić Milan; Trumić Maja; Antić, D.V. (2011.), Upravljanje otpadom iz rudarstva-nastanak i mogućnost prerade, Reciklaža i održivi razvoj, 4, 37-43, Tehnički fakultet u Boru Univerziteta u Beogradu, Bor, Srbija.
- [5.] Marinović, Lj. (1990.), Prilog proučavanju mogućnosti korišćenja zgyure plamenih peći Topionice bakra Bor u kolovoznoj konstrukciji, Magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [6.] Ziari, H. ¹; Moniri, A. ²; Ayazi, M.J. ³; Nakhaei, M. ⁴ (2016.), Investigation of Rutting Performance of WMA Mixtures Containing Copper Slag, International Journal of Transportation Engineering, Vol 3/ No. 3/ Winter 2016. Tarrahan Parseh Transportation Research Institute and Iranian Association of Transportation Engineering, Teheran, Iran.

[7.] Pundhir, N.K.S. *; Kamaraj, C.; Nanda, P.K. (2005.), Use of copper slag as construction material in bituminous pavements, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 64, pp. 997-1002, National Institute of Science Communication And Information Resources, New Delhi.

[8.] Raposeiras, A.C. ^{a*}; Vargas-Cerón, A. ^a; Movilla-Quesada, D. ^a; Castro-Fresno, D. ^b (2016.), Effect of copper slag addition on mechanical behaviour of asphalt mixes containing reclaimed asphalt pavement, Construction and Building Materials, vol. 119, pp. 268-276.

UTICAJ OTPADNOG JESTIVOG ULJA NA KARAKTERISTIKE MEŠAVINA NOVOG I OSTARELOG BITUMENA

Marko Orešković¹, Goran Mladenović²

¹ Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd. moreskovic@grf.bg.ac.rs

² Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, emladen@imk.grf.bg.ac.rs

Rezime: Asfaltne mešavine se tipično proizvode od različitih frakcija mineralnog materijala, kamenog brašna i bitumena, materijala koji se mogu reciklirati. Nažalost, potpuna reciklaža asfalta na asfaltnim bazama još uvek nije lako ostvariva. Dozvoljena količina struganog asfalta u novim asfaltnim mešavinama po vrućem postupku zavisi od mnogobrojnih faktora među kojima je jedan od najznačajnijih stepen ostarelosti bitumena. Usled oksidacije bitumena prilikom proizvodnje i eksploatacije asfaltnih mešavina, dolazi do njegovog starenja i promena karakteristika: povećavaju se krutost i viskozitet i smanjuje otpornost na niske temperature. Prethodna istraživanja su pokazala da je neke od ovih problema moguće prevazići upotrebom tzv. agensa za recikliranje, industrijskog ili alternativnog porekla. U okviru ovog rada prikazana je mogućnost upotrebe otpadnog jestivog ulja kao agensa i uticaj istog na karakteristike ostarelog bitumena. Kako bi se to postiglo, novi bitumen (50/70) je umešan sa tri različita sadržaja ostarelog bitumena iz recikliranog asfalta, 15%, 30% i 45% u odnosu na ukupnu masu bitumena. Nakon toga, tri različita sadržaja ulja su dodata u mešavine sa 30% i 45% ostarelog bitumena, a zatim su određene sledeće karakteristike pripremljenih mešavina: penetracija, tačka razmekšanja po metodi prstena i kuglice i viskozitet na 135 i 165 °C. Rezultati su pokazali da dodatak otpadnog jestivog ulja znatno utiče na karakteristike mešavine novog i ostarelog bitumena.

Ključne reči: recikliranje, strugani asfalt, ostareli bitumen, otpadno jestivo ulje

INFLUENCE OF WASTE COOKING OIL ON PROPERTIES OF BITUMEN BLENDS CONTAINING AGED BITUMEN

Marko Orešković², Goran Mladenović²

¹ Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade. moreskovic@grf.bg.ac.rs

² Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade. emladen@imk.grf.bg.ac.rs

Abstract: Asphalt mixtures typically consist of different aggregate fractions, filler and bitumen, materials which are 100% recyclable. Unfortunately, the production of hot mix asphalt (HMA) containing 100% of reclaimed asphalt pavement (RAP) on asphalt plants is still not easily achievable. The allowed amount of RAP in new HMA depends on many factors, among which one of the most important is ageing level of bitumen from RAP. Under the influence of oxidation during production and exploitation of asphalt mixtures, bitumen from the RAP is ageing and its properties are being changed: stiffness and viscosity increases and resistance to low temperature decreases. Previous research have shown that some of these problems may be overcome by using so-called recycling agents of industrial or alternative origin. In the framework of this research the possibility of using waste cooking oil (WCO) as recycling agent and its influence on RAP binder properties. In order to achieve that, virgin bitumen (50/70) was blended with three different amounts of RAP binder, 15%, 30% and 45% of the total binder mass. Further, three different contents of WCO were added to blends with 30% and 45% of RAP binder and the following binder properties were determined: penetration, softening point and viscosity at 135 °C and 165 °C. Results showed that addition of WCO has significant influence on properties of binder blends containing new and aged binder.

Keywords: recycling, reclaimed asphalt pavement, aged bitumen, waste cooking oil

1. UVOD

Prilikom izgradnje novih ili rehabilitacije/rekonstrukcije postojećih puteva treba posvetiti pažnju društvenom i ekonomski održivom razvoju, a posebno zaštititi životne sredine. Sa aspekta društvenog i ekonomski održivog

¹ Autor zadužen za korespondenciju: moreskovic@grf.bg.ac.rs

razvoja, upotreba struganog asfalta – RAP-a (*Reclaimed Asphalt Pavement*) doprinosi smanjenju troškova potrebnih kako za transport, tako i za nabavku novih materijala, i posledično smanjenju troškova proizvodnje asfaltnih mešavina. U pogledu zaštitne zaštite životne sredine, prednosti upotrebe RAP-a su višestruke: smanjuje se emisija zagađenja vazduha, smanjuju se zahtevi za neobnovljivim materijalima kao što su bitumen i agregat, smanjuje se potrošnja goriva potrebnog za iskop i transport novog materijala, dolazi do manje potreba za prostorom potrebnim za deponovanje recikliranog materijala i dr. S toga, upotreba asfaltnih mešavina sa visokim sadržajem RAP- predstavlja suštinski korak ka održivoj putnoj infrastrukturi.

Mogućnost primene RAP-a u asfaltnim mešavinama po vrućem postupku se istražuje već nekoliko decenija sa ciljem da se nakon gubitka upotrebljivosti postojeći asfalt u potpunosti opet upotrebi. Njegova upotreba u novim asfaltnim mešavinama po vrućem postupku ograničena je mnogobrojnim faktorima od kojih se neki pojavljuju već na početku procesa proizvodnje, na samim deponijama. Naime, RAP koji se deponuje često potiče sa različitih deonica, različite je starosti, korišćen je u različitim slojevima kolovozne konstrukcije, agregat i bitumen su različitog porekla, sadržaj bitumena je različit, itd. odakle se može zaključiti da je u pitanju vrlo nehomogen materijal koji nije jednostavno upotrebiti. Velika krutost ostarelog bitumena iz RAP-a [1-5], heterogenost RAP-a u pogledu granulometrijskog sastava i sadržaja bitumena [1,3-5,6-8], sadržaj vlage u RAP-u [1,5,9,10], sadržaj finih čestica u RAP-u [3,5,10] kao i stepen umešanosti između novog i ostarelog bitumena [11,12] samo su neki od problema koji mogu značajno uticati na karakteristike asfaltnih mešavina sa visokim sadržajem RAP-a (>25%).

Jedan od najvećih problema prilikom projektovanja asfaltnih mešavina sa visokim sadržajem RAP-a je prisustvo ostarelog bitumena. Naime, tokom eksploatacije bitumen stari i njegove karakteristike se menjaju: dolazi do isparavanja ulja, menja se odnos asfaltena i maltena i usled toga bitumen postaje krući i manje otporan na pojavu pukotina.

Usled nepovoljnih karakteristika ostarelog bitumena u poređenju sa novim, njegovo prisustvo u većim količinama može znatno uticati na karakteristike asfaltnih mešavina sa RAP-om u pogledu smanjenje otpornosti na pojavu pukotina asfaltnih mešavina [13-16], otpornosti na zamor [17], otpornosti na niske temperature [18,19], ali u isto vreme može i povećati otpornost na pojavu kolotruga [2,20,21]. Dakle, primena RAP-a može imati pozitivne i negativne uticaje na asfaltne mešavine, te je neophodna njegova pravilna i optimalna upotreba.

Kako bi se prevazišli problemi nastali usled prisustva ostarelog bitumena, moguće je upotrebiti agens za recikliranje ili mekši bitumen. Prema tradicionalnom pristupu, preporučenom od strane mnogih istraživača i uputstava za primenu RAP-a [13,22-24], izbor vrste novog bitumena zavisi od krutosti ostarelog, kao i od sadržaja RAP-a u novoj asfaltnoj mešavini. Ukoliko se koristi do 15% RAP-a, obično nije potrebno menjati vrstu bitumena pošto se smatra da dodatak do 15% RAP-a ne utiče znatno na njegove karakteristike. Kada se koristi između 15 i 25% RAP-a, preporučuje se upotreba mekšeg bitumena koji treba biti za jedan stepen niži prema SUPERPAVE PG specifikacijama od željenog stepena u novoj mešavini. Ukoliko se koristi više od 25% RAP-a, treba da se koriste tzv. dijagrami za umešavanje prilikom odabira vrste i količine novog bitumena i agensa za recikliranje [23]. Takođe, postoje preporuke da mekši bitumen treba koristiti ukoliko se dodaje između 30 i 40% RAP-a u novu asfaltnu mešavinu, a agens za recikliranje ukoliko se dodaje između 40 i 50% RAP-a [25].

Agensi za recikliranje se mogu podeliti u dve grupe: agensi za omekšavanje i osveživači (rejuvenatori). Iako se njihovo dejstvo na ostareli bitumen razlikuje, ova dva pojma se često poistovećuju u literaturi. Glavna razlika je u tome što osveživači prouzrokuju fizičke i hemijske promene ostarelog bitumena, a sposobni su i da povrate odnos asfaltena i maltena što je približnije moguće novom bitumenu. Agensi za omekšavanje tipično smanjuju viskozitet ostarelog bitumena, te se različite vrste ulja mogu koristiti u te svrhe. Pored industrijskih agenasa za recikliranje, moguće je koristiti i alternativne materijale koji se mogu podeliti u tri grupe:

- 1) Agensi na bazi nafte: aromatični ekstrakt, motorno ulje i dr.
- 2) Agensi organskog porekla: ulje od bora, ulje od pamuka i dr.
- 3) Otpadni proizvodi: otpadno jestivo ulje, otpadno motorno ulje i dr.

Agensi za recikliranje alternativnog porekla su lako dostupni i uglavnom jeftiniji od industrijskih [12,26,27], iako njihov sveobuhvatni uticaj na karakteristike ostarelog bitumena nije još uvek u potpunosti istražen. Takođe, način njihove primene može biti raznovrstan: mogu se sipati direktno na RAP, umešati sa novim bitumenom ili ubaciti u asfaltne mešavine prilikom njihove proizvodnje u vidu kapsula [28,29].

U okviru ovog rada je ispitan uticaj ostarelog bitumena na fizičke i reološke karakteristike novog bitumena, kao i uticaj alternativnog agensa za recikliranje na fizičke karakteristike mešavina novog i ostarelog bitumena. Kao nov bitumen korišćen je bitumen 50/70, ostareli bitumen je dobijen ekstrakcijom iz struganog asfalta, a kao agens za recikliranje je korišćeno otpadno jestivo ulje palminog porekla.

2. MATERIJALI I EKSPERIMENTALNE METODE

Ostareli bitumen (OB) je ekstrahovan iz RAP-a dobijenog prilikom rehabilitacije autoputa E-75 kroz Beograd, u skladu sa standardima SRPS EN 12697-1:2013 i SRPS EN 12697-4:2016. Kao nov bitumen (NB) je odabran bitumen sa penetracijom 50/70 koji se tipično koristi u mnogim evropskim zemljama, pa i u Srbiji. Osnovne karakteristike bitumena su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike novog i ostarelog bitumena

Karakteristika	Standard	Novi bitumen	Ostareli bitumen	Zahtevi standarda SRPS EN 12591 za bitumen 50/70
Penetracija at 25 °C [0.1 mm]	SRPS EN 1426:2017	51	17	50–70
Tačka razmekšanja [°C]	SRPS EN 1427:2017	51.5	75.4	46–54
Indeks penetracije (IP) [-]	SRPS EN 12591:2013, dodatak A	-0.8	1.2	-1.5 to +0.7
Viskozitet na 135 °C [Pa s]	SRPS EN 13302:2012	0.378	3.370	>0.295
Viskozitet na 165 °C [Pa s]		0.105	0.541	-

Kao agens za recikliranje odabrano je otpadno jestivo ulje, palminog porekla, iz restorana brze hrane čija je tačka paljenja viša od 250 °C, sa zapreminskom masom od 901.3 kg/m³.

Tri mešavine novog i ostarelog bitumena su pripremljene: sa 15%, 30% i 45% OB u odnosu na ukupnu masu, sa oznakama OB15, OB30 i OB45. Nakon zagrevanja NB i OB, oni su zajedno umešani staklenim štapićem na grejnoj ploči, na konstantnoj temperaturi od 135 °C, sve do dostizanja homogene mešavine. Nakon odvajanja uzoraka potrebnih za određivanje uticaja OB na NB, 3%, 5% i 7% u odnosu na ukupnu količinu bitumena je dodato u mešavinu sa 30% OB, 3%, 6% i 9% u mešavinu sa 45% OB, dok u mešavinu sa 15% OB nije dodato ulje. U tabeli 2 su prikazane oznake pripremljenih mešavina, kao i njihovi sastojci.

Tabela 2. Oznake bitumenskih mešavina i njihovi sastojci

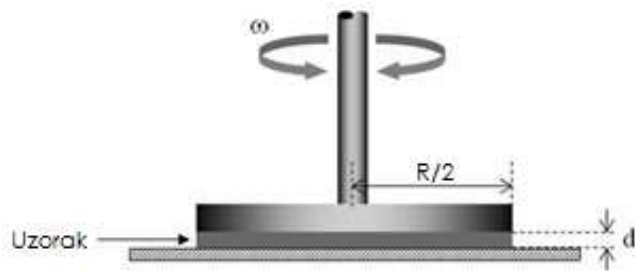
Oznaka	NB	OB15	OB30	OB30-3	OB30-5	OB30-7	OB45	OB45-3	OB45-6	OB45-9	OB
Sastojci [%]											
NB	100	85	70	70	70	70	55	55	55	55	0
OB	0	15	30	30	30	30	45	45	45	45	100
Otpadno jestivo ulje	0	0	0	3	5	7	0	3	6	9	0

U okviru ovog rada istražen je uticaj OB na NB u pogledu reoloških (kompleksni modul i fazni ugao) i fizičkih karakteristika (viskozitet, penetracija i tačka razmekšanja). Nakon toga je određen uticaj alternativnog agensa za recikliranje na fizičke karakteristike mešavina NB i OB.

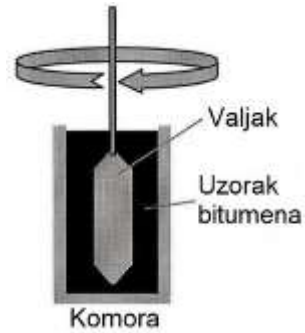
Kompleksni modul i fazni ugao NB i OB, kao i mešavina OB15, OB30 i OB45, određeni su u skladu sa standardom SRPS EN 14770:2013 korišćenjem reometra za dinamičko smicanje. Oscilatorni opit je sproveden u linearno-viskoelastičnom opsegu u režimu kontrolisane dilatacije, na osam frekvencija (između 0.1 i 10 Hz) i na osam temperatura (na 5°C i onda na svakih 10 °C u rasponu od 10 do 70 °C). Na temperaturama od 5 do 20 °C korišćene su ploče prečnika R=8 mm sa razmakom od d=2 mm između njih, dok su na temperaturama od 30 do 70 °C korišćene ploče prečnika R=25 mm sa razmakom od d=1 mm. Šematski prikaz opita je dat na slici 1.

Kinematički viskozitet bitumena i bitumenskih mešavina prikazanih u tabeli 2 je izmeren na 135 i 165 °C korišćenjem rotacionog viskozimetra, u skladu sa standardom SRPS EN 13302:2012. Šematski prikaz opita je dat na slici 2.

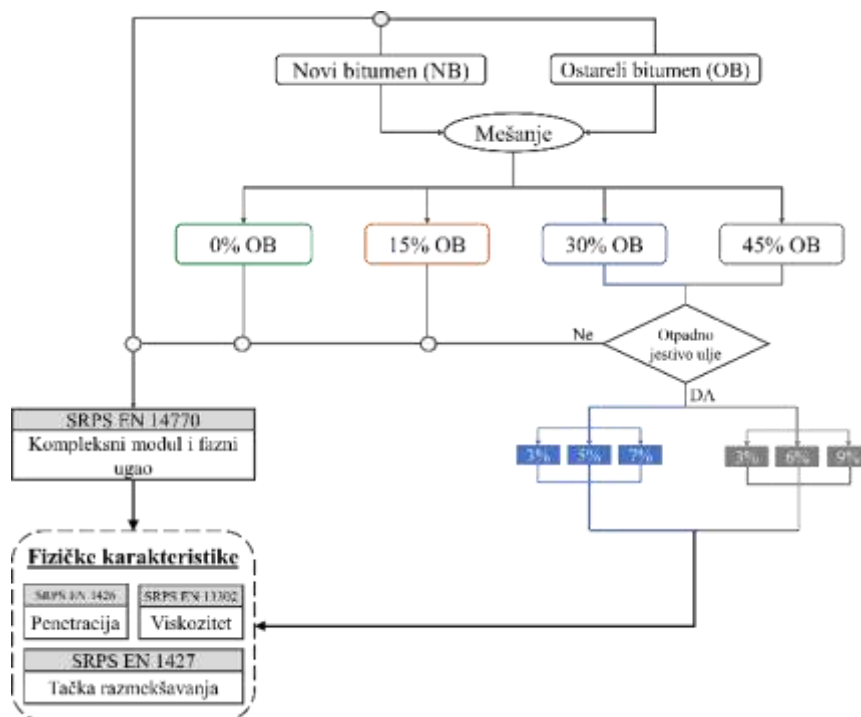
Penetracija i tačka razmekšanja bitumenskih mešavina iz tabele 2 su određene u skladu sa standardima iz tabele 1. Matrica eksperimenta je prikazana na slici 3.



Slika 1. Šematski prikaz uzorka bitumena izloženog smicanju
Izvor: (prilagođeno iz [30])



Slika 2. Šematski prikaz određivanja rotacionog viskoziteta
Izvor: (prilagođeno iz [31])



Slika 3. Matrica eksperimenta

3. REZULTATI ISPITIVANJA

3.1. Uticaj ostarelog bitumena na fizičke i reološke karakteristike novog bitumena

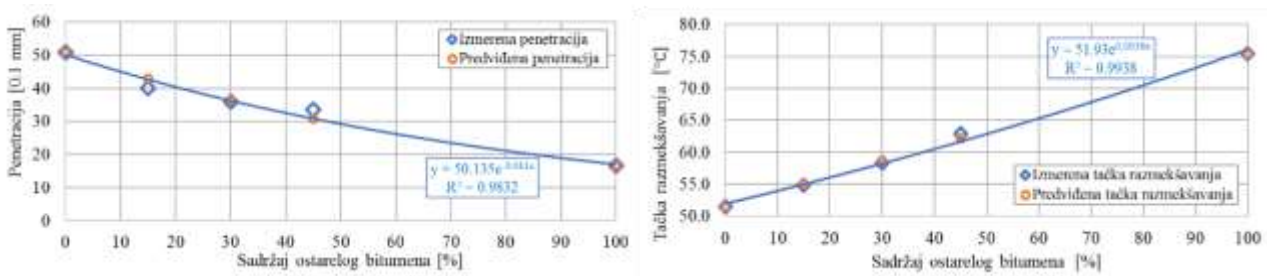
Penetracija i tačka razmekšanja mešavine NB i OB mogu se predvideti pomoću jednačina 1 i 2, respektivno (SRPS EN 13108-1:2016):

$$\%RAPB \log pen_1 + \%VB \log pen_2 = \log pen_{blend} \quad (1)$$

$$\%RAPBT_{R\&B1} + \%VBT_{R\&B2} = T_{R\&Bblend} \quad (2)$$

gde je %RAPB procenat ostarelog bitumena u bitumenskoj mešavini [%], %VB je procenat novog bitumena u bitumenskoj mešavini, pen_1 je penetracija ostarelog bitumena [0.1 mm], pen_2 je penetracija novog bitumena, pen_{blend} je izračunata penetracija mešavine bitumena, $T_{R\&B1}$ je tačka razmekšanja po metodi prstena i kuglice ostarelog bitumena [°C], $T_{R\&B2}$ je tačka razmekšanja po metodi prstena i kuglice novog bitumena [°C] i $T_{R\&Bblend}$ je tačka razmekšanja po metodi prstena i kuglice bitumenske mešavine [°C].

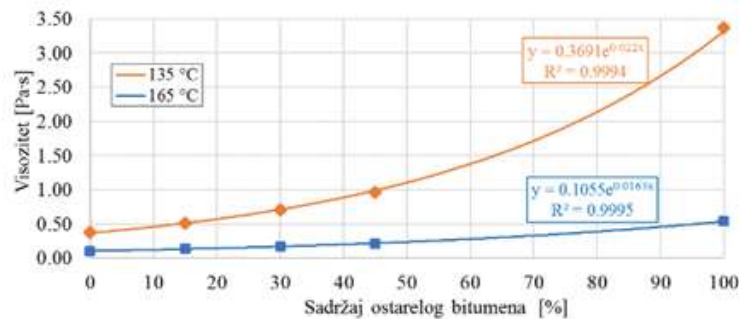
Vrednosti penetracije i tačke razmekšanja po metodi prstena i kuglice su izmerene, a zatim i predviđene korišćenjem navedenih jednačina (slike 4a i 4b).



Slika 4. Uticaj ostarelog bitumena na (a) penetraciju i (b) tačku razmekšavanja po metodi prstena i kuglice

Kao što se očekivalo, OB usled velike krutosti ima znatan uticaj na vrednosti penetracije i tačke razmekšavanja. Eksponencijalna funkcija uklapa izmerene i predviđene vrednosti sa visokim koeficijentom determinacije (R^2), što znači da jednačine 1 i 2 obezbeđuju pouzdanu procenu navedenih parametara.

Uticaj OB na viskozitet bitumenskih mešavina je takođe značajan. Rezultati ispitivanja su prikazani na slici 5, odakle se može zaključiti da viskozitet bitumenskih mešavina raste sa porastom sadržaja OB prateći eksponencijalne funkcije na obe temperature, sa visokim koeficijentom determinacije.



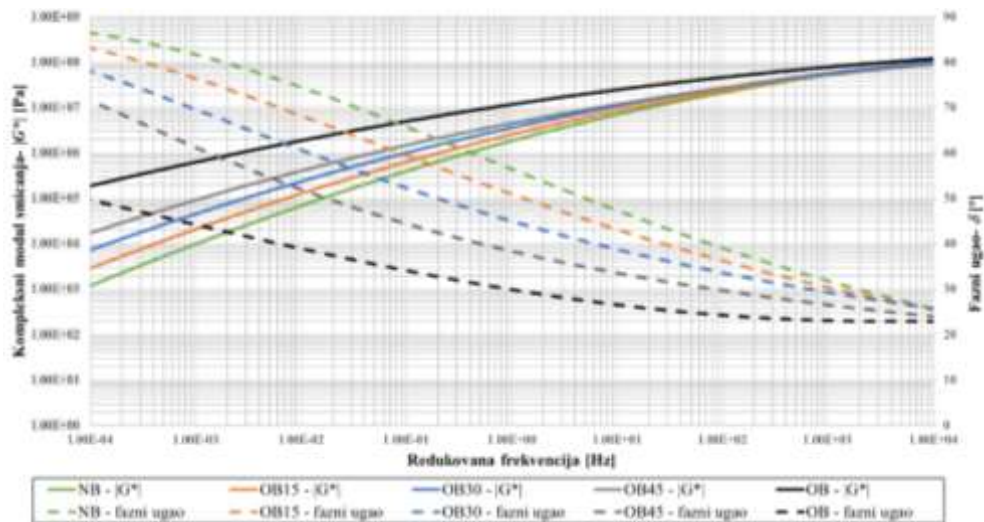
Slika 5. Uticaj ostarelog bitumena na viskozitet na 135 i 165 °C

U okviru ovog rada, kompleksni modul smicanja (G^*) i fazni ugao (δ) bitumena i bitumenskih mešavina bez dodatka otpadnog jestivog ulja su određeni na prethodno definisanom opsegu temperatura i frekvencija. Kako bi se predvidelo ponašanje bitumena van opsega ispitivanja, dobijeni podaci su ekstrapolirani konstruisanjem tzv. master krivih korišćenjem CA modela za kompleksni modul smicanja i fazni ugao (jednačine 3 i 4) (Christensen and Andersen 1992), na referentnoj temperaturi od 20 °C (slika 6):

$$G^*(\omega) = G_g \left[1 + \left(\frac{\omega_c}{\omega_r} \right)^{\frac{\log 2}{R}} \right]^{-\frac{R}{\log 2}} \quad (3)$$

$$\delta(\omega) = \frac{90}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^{\frac{\log 2}{R}}} \quad (4)$$

gde je $G^*(\omega)$ - kompleksni modul smicanja [GPa], G_g - glass modul (usvaja se da je jednak 1 GPa), ω_r - redukovana frekvencija [Hz], ω_c - prelazna frekvencija [Hz], ω - frekvencija [Hz], R - reološki indeks i δ - fazni ugao [°].



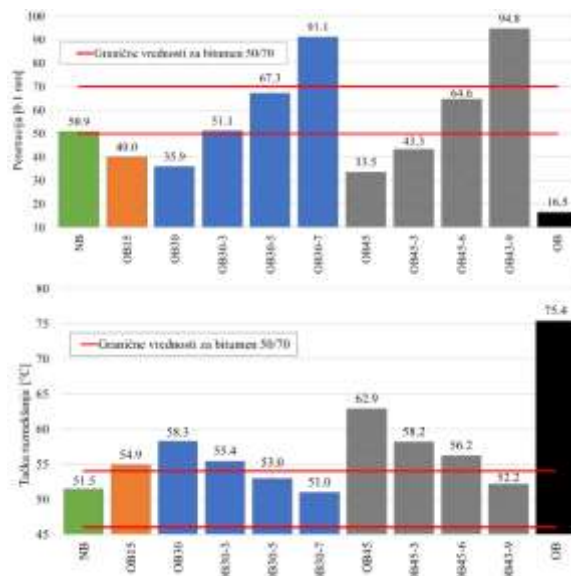
Slika 6. Master krive ispitanih bitumena i bitumenskih mešavina bez dodatka otpadnog jestivog ulja (referentna temperatura 20°C)

OB je imao najveće vrednosti kompleksnog modula smicanja i najniže vrednosti faznog ugla, što je posledica njegove starosti. Nasuprot tome, NB je imao najmanju krutost i najveći fazni ugao. Bitumenska mešavina OB15 je imala sličan kompleksni modul kao i NB na celom opsegu temperatura, dok je fazni ugao na niskim temperaturama sličan, a na srednjim i visokim konstantno manji za otprilike 5°. Ovo potvrđuje prethodna istraživanja [32,33] da male količine OB imaju neznatan uticaj na karakteristike NB. Mešavine OB30 i OB45 su na niskim temperaturama (visokim frekvencijama) imale nešto veće vrednosti kompleksnog modula smicanja u odnosu na NB, s tim što je njihov fazni ugao bio dosta manji. Iz svega navedenog se može zaključiti da sa porastom sadržaja OB vrednost kompleksnog modula smicanja raste, dok fazni ugao opada.

3.2. Uticaj otpadnog jestivog ulja na karakteristike bitumenskih mešavina sa ostarelim bitumenom

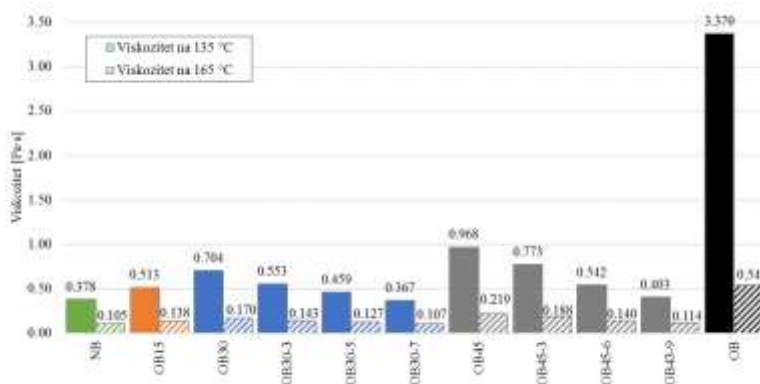
Dodavanjem agensa za recikliranje, u ovom slučaju otpadnog jestivog ulja, karakteristike ostarelog bitumena se menjaju, što je utvrđeno nizom ispitivanja.

Slike 7a i 7b prikazuju vrednosti penetracije i tačke razmekšanja ispitanih bitumena i bitumenskih mešavina. Usled razlike u viskozitetima između ulja i bitumena, povećanje sadržaja ulja je doprinelo porastu penetracije i smanjenju tačke razmekšanja. Samo tri pripremljene mešavine sa dodatkom ulja zadovoljavaju zahteve standarda SRPS EN 12591:2013 za bitumen 50/70 u pogledu penetracije (OB30-3, OB30-5 i OB45-6) i tri mešavine u pogledu tačke razmekšanja (OB30-5, OB30-7 i OB 45-9).



Slika 7. Uticaj otpadnog jestivog ulja na (a) penetraciju i (b) tačku razmekšanja bitumenskih mešavina sa OB

Viskozitet ispitanih bitumena i bitumenskih mešavina je prikazan na slici 8 odakle se može zaključiti da viskozitet bitumenskih mešavina opada sa porastom sadržaja otpadnog jestivog ulja. Sa istog dijagrama se može zaključiti da su bitumenske mešavina OB30-7 i OB 45-9 imale slične vrednosti viskoziteta kao i NB na obe temperature ispitivanja.



Slika 8. Uticaj otpadnog jestivog ulja na viskozitet bitumenskih mešavina sa OB

4. ZAKLJUČAK

Kako bi se postigla uspešna upotreba većeg sadržaja RAP-a u novim asfaltnim mešavina po vrućem postupku, neophodno je koristi agense za recikliranje ili mekše bitumene. Agensi za recikliranje mogu biti industrijskog ili alternativnog porekla. U poslednje vreme se sve više istražuje mogućnost primene alternativnih agensa. U okviru ovog istraživačkog rada, najpre je određen uticaj ostarelog bitumena na fizičke (penetraciju, tačku razmekšanja i viskozitet) i reološke karakteristike (kompleksni modul smicanja i fazni ugao) novog bitumena, a nakon toga je utvrđen uticaj alternativnog agensa za recikliranje – otpadnog jestivog ulja, na fizičke karakteristike mešavina novog i ostarelog bitumena.

Zaključci ovog istraživanja su sledeći:

- Modeli iz evropskog standarda za predviđanje penetracije i tačke razmekšanja mešavine novog i ostarelog bitumena su vrlo pouzdani;
- Prisustvo ostarelog bitumena ima značajnog uticaja na fizičke i reološke karakteristike mešavina. Sa povećanjem njegovog sadržaja, povećavaju se tačka razmekšanja, viskozitet i kompleksni modul smicanja, a opadaju penetracija i fazni ugao.
- Upotrebom agensa za recikliranje moguće je povratiti neke karakteristike ostarelog bitumena. Tako se dodavanjem agensa snižavaju tačka razmekšanja, viskozitet i kompleksni modul smicanja, a rastu penetracija i fazni ugao. Vrednosti ovih karakteristika zavise od količine agensa koji se dodaje u bitumenske mešavine.
- Optimalna količina agensa koja se treba dodati u mešavinu zavisi od količine ostarelog bitumena, karakteristika novog i ostarelog bitumena, kao i od samih karakteristika agensa. U tabeli 3 su prikazane količine otpadnog jestivog ulja koje se trebaju dodati u bitumenske mešavine kako bi se zadovoljili uslovi standarda SRPS EN 12591:13 za bitumen 50/70.

Tabela 3. Sadržaj otpadnog jestivog ulja potreban da se zadovolje zahtevi standarda SRPS EN 12591:13 za bitumen 50/70 u zavisnosti od sadržaja OB

Bitumenska mešavina	Karakteristika	Sadržaj otpadnog jestivog ulja u odnosu na ukupnu količinu bitumenske mešavine [%]	
		min	max
70% NB + 30% OB	penetracija	2.6	5.2
	tačka razmekšanja	4.2	12.6
	viskozitet na 135 °C	-	8.4
55% NB + 45% OB	penetracija	3.8	6.6
	tačka razmekšanja	7.3	15.4
	viskozitet na 135 °C	-	12.3

Potrebno je napomenuti da se rezultati dobijeni u okviru ovog istraživanja odnose samo na materijale korišćene u ovoj studiji (NB, OB i otpadno jestivo ulje), što ne znači da će sadržaj ulja biti isti i kada se koriste drugačiji komponentalni materijali, ali korišćena metodologija svakako treba biti ista.

Zahvalnost

U radu je prikazan deo istraživanja koje je pomoglo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru tehnološkog projekta TR 36017 pod nazivom: "Istraživanje mogućnosti primene otpadnih i recikliranih materijala u betonskim kompozitima, sa ocenom uticaja na životnu sredinu, u cilju promocije održivog građevinarstva u Srbiji".

Literatura

- [1] Newcomb, D.; Ray Brown, E.; Epps, J. (2007). *Designing HMA Mixtures with High RAP Content. A Practical Guide*. Maryland, USA: National Asphalt Pavement Association.
- [2] Colbert, B.; You, Z. 2012. The determination of mechanical performance of laboratory produced hot mix asphalt mixtures using controlled RAP and virgin aggregate size fractions. *Construction and Building Materials* 26: 655-662.
- [3] Hossain, M.; Musty, H.; Sabahfer, N. (2012). *Use of High-Volume Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) for Asphalt Pavement Rehabilitation Due to Increased Highway Truck Traffic from Freight Transportation*. Mid-America Transportation Center, University of Nebraska – Lincoln, Federal Highway Administration.
- [4] Partl, M.N. i ostali. 2013. *Advances in Interlaboratory Testing and Evaluation of Bituminous Materials*. State-of-the-Art Report of the RILEM Technical Committee 206-ATB. Springer Netherlands. 453 p.
- [5] West, R.; Copeland, A. (2015). *High RAP Asphalt Pavements: Japan Practice – Lessons Learned*. Maryland, USA: National Asphalt Pavement Association.
- [6] Zhou F.; Das, G.; Scullion, T.; Hu, S. (2010). *RAP Stockpile Management and Processing in Texas: State of the Practice and Proposed Guidelines*. Technical Report No. 0-6092-1. Austin, USA: Texas Transportation Institute.
- [7] Copeland, A. (2011). *Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mixtures: State of Practice*, FHWA-HRT-11-021. Georgetown Pike: Federal Highway Administration.
- [8] Bressi S.; Carter A.; Bueche N.; Dumont A. G. 2015. Impact of different ageing levels on binder rheology. *International Journal of Pavement Engineering* 17(5): 403-413.
- [9] *Industry Statement on the recycling of asphalt mixes and use of waste of asphalt pavements*. (2005). European Asphalt Pavement Association, Brussels, Belgium.
- [10] Di Mino, G.; Di Liberto, C.M.; Noto, S.; Wellner, F.; Blasls, A.; Lo Presti, D.; Airey, G. (2015). Deliverable No D3.1: AllBack2Pave End-User Manual. CEDR Transnational Road Research Programme.
- [11] Shirodkar, P.; Mehta, Y.; Nolan, A.; Dubois, E.; Reger, D.; McCarthy, L. 2013. Development of blending chart for different degrees of blending of RAP binder and virgin binder. *Resources, Conservation and Recycling* 73: 156-161.
- [12] Moghaddam, T.B.; Baaj, H. 2016. The use of rejuvenating agents in production of recycled hot mix asphalt: A systematic review. *Construction and Building Materials* 114: 805-816.
- [13] Zhou F.; Hu S.; Das G.; Scullion T. (2011). *High RAP Mixes Design Methodology with Balanced Performance*, Technical Report No. 0-6092-2. Austin, USA: Texas Transportation Institute.
- [14] Mogawer, W.; Bennert, T.; Daniel, J.S.; Bonaquist, R.; Austerman, A.; Boosherian, A. 2012. Performance characteristics of plant produced high RAP mixtures. *Road Materials and Pavement Design* 13(1): 183-208.
- [15] Willis, R. i ostali. (2012). *Effects of Changing Virgin Binder Grade and Content on RAP Mixture Properties*, NCAT Report No. 12-03. Auburn University, Auburn, Alabama, USA: National Center for Asphalt Technology.
- [16] Sabouri, M.; Bennert, T.; Daniel, J.S.; Kim, R. 2015. A comprehensive evaluation of the fatigue behaviour of plant-produced RAP mixtures. *Road Materials and Pavement Design* 16(2): 29-54.
- [17] West, R.; Kvasnak, A.; Tran, N.; Powell, B.; Turner, P. 2009. Testing of Moderate and High Reclaimed Asphalt Pavement Content Mixes. Laboratory and Accelerated Field Performance Testing at the National Center for Asphalt Technology Test Track. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* No. 2126: 100-108.
- [18] McDaniel, R.; Soleymani, H.; Anderson, M.; Turner, P.; Peterson, R. (2010). Recommended Use of

- Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method. NCHRP Web Document 30 (Project D9-12): Contractor's Final Report.
- [19] Doyle, J.; Mejias-Santiago, M.; Brown, R.; Howard, I. 2011. Performance of High RAP-WMA Surface Mixtures. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*: 419-457.
- [20] Silva, H.; Oliveira, J.; Jesus, C. 2012. Are totally recycled hot mix asphalts a sustainable alternative for road paving? *Resources, Conservation and Recycling* 60: 38-48.
- [21] Orešković M.; Ćirilović J.; Mladenović G. (2013) Performance of asphalt mixtures with increased content of recycled asphalt material, In *Proceedings, 14th Colloquium on asphalt and bitumen, 28-29 November 2013, Bled, Slovenia.*, pp. 157-167
- [22] Kandhal, P. S.; Foo, K. Y. (1997). *Designing Recycled Hot Mix Asphalt Mixtures Using Superpave Technology*, NCAT Report No. 96-6. Auburn, Alabama, USA: National Center for Asphalt Technology.
- [23] Soleymani H.; Bahia, H.; Bergan, A. 1999. Blending Charts Based on Performance Graded Asphalt Binder Specification. *Transportation Research Record* 1661: 7-14.
- [24] McDaniel, R.; Anderson, R. M. (2001). *NCHRP Report 452: Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Technician's Manual*. Washington, DC, USA: National Cooperative Highway Research Program. National Academy Press.
- [25] Shen, J.; Amirkhanian, S.; Miller, J.A. 2007. Effects of Rejuvenating Agents on Superpave Mixtures Containing Reclaimed Asphalt Pavement. *Journal of Materials in Civil Engineering* 19(5): 376-384.
- [26] Chen, M.; Xiao, F.; Putman, B.; Leng, B.; Wu, S. 2014. High Temperature Properties of Rejuvenating Recovered Binder with Rejuvenator, Waste Cooking Oil and Cotton Seed Oils. *Construction and Building Materials* 59: 10-16.
- [27] Zaubanis, M.; Mallick, R.; Frank, R. 2015. Evaluation of different recycling agents for restoring aged asphalt binder and performance of 100% recycled asphalt. *Materials and Structures* 48(8): 2475-2488.
- [28] Garcia A.; Austin, C.J.; Jelfs, J. 2016. Mechanical properties of asphalt mixtures containing sunflower oil capsules. *Journal of Cleaner Production* 118: 124-132.
- [29] Garcia, A.; Schlangen, E.; Van de Ven, M., 2011. Properties of Capsules Containing Rejuvenators for Their Use in Asphalt Concrete. *Fuel* 90: 583-591.
- [30] Biro, S.; Gandhi, T.; Amirkhanian, S. 2009. Determination of zero shear viscosity of warm asphalt binders. *Construction and Building Materials* 3(5): 2080-2086.
- [31] Global Gilson Company, inc. *Materials Testing Equipment*. Dostupno na: <https://www.globalgilson.com/ametec-brookfield-rotational-viscometer-rheometer> (29.06.2017.)
- [32] Booshehrian, A.; Mogawer, W.S.; Bonaquist, R. 2013. How to Construct an Asphalt Binder Master Curve and Assess the Degree of Blending between RAP and Virgin Binders. *Journal of Materials in Civil Engineering*: 1813-1821
- [33] Singh, D.; Sawant, D.; 2016. Understanding effects of RAP on rheological performance and chemical composition of SBS modified binder using series of laboratory tests. *International Journal of Pavement Research and Technology* 9: 178-189.

UTICAJ IZGRADNJE DRUMSKE OBILAZNICE NA ŽIVOTNU SREDINU NA PRIMJERU GRADA ČAPLJINE (BiH)

Dr Nebojša Knežević¹, dipl.inž.tehn.

Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka, izg@blic.net

Milan Tešanović, dipl.inž.saob.

Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka, milantesanovic@institutig.com

Dr Draženko Glavić, dipl.inž.saob.

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, drazen@via-vita.org.rs

Rezime: Osnovni elementi uticaja izgradnje obilaznice na okolinu definisani su kao uticaji na socijalni (društveni) sistem – obilaznicom neke društvene kategorije dobivaju, a neke gube. Sledeći bitan elemenat su uticaji na ekonomski sistem – dobit koja će se ostvariti poboljšanim i sigurnijim tokom saobraćaja i ekonomski gubitak nekih kategorija stanovništva, i na kraju se definišu uticaji na prirodni sistem – neminovni gubitak bioraznolikosti, te uticaj na ekosisteme, zajednice i vrste u području obilaznice. U radu su, na konkretnom primjeru grada Čapljine (BiH), opisani mogući značajni uticaji na okolinu, definisane su mjere za ublažavanje negativnih efekata, navedeni su parametri na osnovu kojih se mogu utvrditi štetni uticaji na životnu sredinu, te je definisan sistem monitoringa.

Ključne reči: obilaznica, životna sredina, negativni efekti, mjere, monitoring.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF ROAD BYPASS CONSTRUCTION, CASE STUDY ČAPLJINA (B&H)

Nebojša Knežević², Ph.D.

Civil Engineering Institute "IG" Llc Banja Luka, izg@blic.net

Milan Tešanović, B.Sc.

Civil Engineering Institute "IG" Llc Banja Luka, milantesanovic@institutig.com

Draženko Glavić, Ph.D.

Faculty of Traffic & Transport Engineering, Belgrade, drazen@via-vita.org.rs

Abstract: Elementary environmental impacts of the bypass construction are defined as social impacts – some social categories benefit from a bypass, and some lose. Next significant elements are the impacts on the economic system – benefit that shall be achieved by improved and safer traffic flows and economic losses incurred by some population categories; finally impacts on the natural system - inevitable losses of biodiversity are defined, as well as impacts on ecosystems, communities and species in the bypass area. The paper makes a use of a concrete case in the City of Čapljina (BiH) to describe possible significant environmental impacts, to define negative impacts mitigation measures, to give parameters that are used to determine hazardous environmental impacts, and to define a monitoring system.

Keywords: bypass, environment, negative effects, measures, monitoring.

1. UVOD

Postojeća trasa magistralnog puta M6 Ljubuški – Čapljina svojim značajnim dijelom prolazi kroz grad Čapljinu i gusto izgrađeno naselje Trebižat. Ovo naselje i grad Čapljina su se spojili i čine jedinstvenu nasebinsku cjelinu. Takav položaj magistralnog puta ugrožava sigurnost u drumskom saobraćaju, usporava ga i otežava, a posebno ometa normalne funkcije grada i njegov razvoj.

U procesu izrade Prostornog plana Opštine Čapljina problem, je uočen i vrednovan, a rezultat je potreba izmještanja tranzitnog saobraćaja iz naselja, odnosno izgradnja obilaznice (južno od grada). U tom cilju Opština Čapljina je istakla zahtjev da se istraže moguća rješenja za prihvatljiv položaj trase obilaznice, kako bi se mogao odabrati najpovoljniji položaj i rezervirati prostor u prostorno - planskoj dokumentaciji.

¹ Autor zadužen za korespondenciju: izg@blic.net

² Author for correspondence: izg@blic.net

2. SVRHA I CILJ PROJEKTA

Kao prvi korak ka rješavanju problema urađeno je Idejno rješenje južne obilaznice Čapljina, u sklopu kojeg je razmatrano više opcija za polaganje trase te su nakon analize prostornih i okolinskih uslova, kao i raspoložive dokumentacije, usvojene dvije opcije trase Južne obilaznice Čapljine.



Slika 1. Položaj razmatranih varijanti
Izvor: Google Earth

Cilj Projekta je bio da za izabranu varijantu identifikuje, opiše i predvidi mjere sprečavanja direktnih i indirektnih negativnih uticaja izgradnje i korištenja puta na životnu sredinu.

2.1. Osnovni podaci o usvojenoj varijanti

Početak trase je planiran prije naselja Trebižat idući iz pravca Ljubuškog.

Trasa počinje odvajanjem od postojećeg magistralnog puta M6 i u dužini 800 m trasa ide brežuljkastim terenom. Na tom dijelu predložen je priključak ka autoputu u obliku petlje koji se može spustiti na nivo "T" raskrsnice u sljedećoj fazi projektovanja.

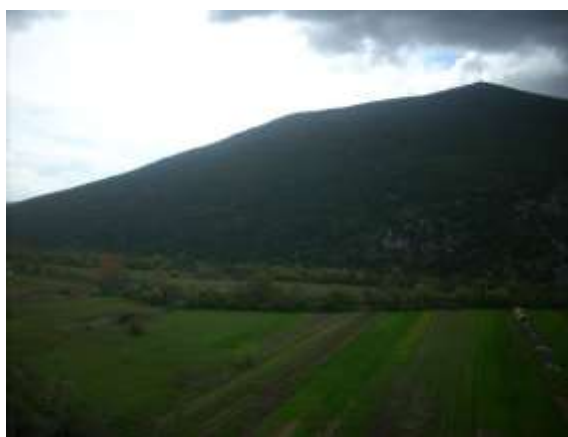


Slika 2. Početak trase

Trasa varijante "A" spušta se u Trebižat polje gdje vijaduktom raspona 30 m propušta lokalni makadamski put i kanal u nivou polja i pruža se dalje paralelno sa Trebižatom, ne čineći novu barijeru u prostoru. Nasip koji je visine 3,5 do 8 m štiti dodatno obradivo zemljište u polju usmjeravajući vodu u korito. Trasa rijeku prelazi mostom raspona 2x35 m na mjestu gdje se sastaju staro i novo korito Trebižata.



Slika 3. Pogled na silaz u polje



Slika 4. Pogled na padinu na desnoj obali

U nastavku trasa se prema naselju Struge u dužini cca 4,3 km pruža po obodu Crnog brda na visini 5-20 m iznad kote polja. Samo mjestimično trasa prelazi nasipom preko dijelova polja uvučenih u kopno ali su ti dijelovi polja plavni i izgradnjom nasipa trupa puta povećava se mogućnost njihovog korištenja kao poljoprivrednog zemljišta.

Nadomak naselja Struge predviđen je priključak naselja "T" raskrscicom u nivou uz izgradnju trake za lijevo skretanje. Ovakvo rješenje je primjereno jer je dio naselja, a time i saobraćaj koji će se tu vezati, ograničene veličine pa neće značajnije ometati saobraćajne tokove na obilaznici. Mjesto priključka je izdignuto 5-6 m iznad polja a priključak do postojećeg lokalnog puta naselja Struge je povoljan i dugačak je oko 500 m.



Slika 5. Padina dolaska trase prema Strugama



Slika 6. Pogled na Struge

Nakon toga trasa se vraća preko polja i rijeke Trebižat prema lijevoj obali prelazeći rijeku sa dva mosta raspona po 20 - 25 metara. Položaj trase kroz polje je povoljan i prolazi po plavnom, nekorištenom zemljištu, a budući nasip trupa puta zaštitio bi dodatno od plavljenja značajne obradive površine koje se nalaze nizvodno od njegovog položaja.

Dolaskom na lijevi obod polja, nadohvat ranžirnog kolosjeka, vijaduktom dužine 25 m trasa se penje na visinu cca 18 m da bi na dovoljnoj visini vijaduktom dužine 175 m prešla preko željezničke pruge.



Slika 7. Mjesto prelaza pruge



Slika 8. Prolazak preko vinograda pored Mogorjela

Put za Struge prelazi nadvožnjakom raspona 25 m da bi se i izvan puta omogućila komunikacija za obradive površine koje se presijecaju. U ovoj zoni trasa prolazi u blizini nacionalnog spomenika "Mogorjelo" od kojeg je udaljena oko 120 m.

Na trasi je predviđena kružna raskrsnica za priključenje grada Čapljine, a trasa zatim prolazi slobodnim zemljištem direktno ka rijeci Neretvi koju prelazi mostom ukupne dužine 140 m. Na lijevoj obali rijeke Neretve na slobodnom prostoru između zaštitnog nasipa i magistralne ceste M17 projektovana je kružna raskrsnica u koji se priključuje i magistralni put M17.



Slika 9. Lokacija gdje obilaznica mostom prelazi Neretvu

3. OPIS MOGUĆIH ZNAČAJNIH UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Analiza i vrednovanje postojećeg stanja životne sredine kao i procjena mogućih uticaja koji su posljedica izgradnje planirane obilaznice pokazuju da se do nedvosmislenih kvantifikovanih podataka može doći samo na osnovu sveobuhvatne analize.

Najznačajniji uticaji na životnu sredinu radova na izgradnji južne obilaznice i njegovoj kasnijoj eksploataciji mogu se javiti kao karakteristični uticaji na:

- Uticaj na stanovništvo i naseljenost,
- Uticaj na klimatske faktore
- Uticaj na vode
- Uticaj na vazduh
- Uticaj na tlo i poljoprivredno zemljište

- Uticao na razinu buke i vibracija
- Uticao na floru i faunu
- Uticao na pejzaž
- Uticao na zaštićene dijelove prirode
- Uticao na kulturno historijsko naslijeđe
- Uticao na materijalna dobra (infrastrukturu)

3.1 Uticao na stanovništvo i naseljenost

Izgradnja svakog objekta pa tako i južne obilaznice, praćena je neophodnim zauzimanjem zemljišta što izaziva uticao na stanovništvo. Ovo je naroćito izraženo kod izgradnje velikih objekata jer su povezani sa određenim kretanjem stanovništva, koja utiçu na socio-ekonomsku strukturu.

Pregled mogućih mjera radi smanjenja negativnog uticaja u socijalnoj sferi.

Tabela 1. *Primjeri mogućih uticaja i akcija za njihovu sanaciju*

Posljedice	Akcije
Izgubljena kuća i sva zemlja	Preseljavanje posednika, sagraditi kuću i dati zemlju na novom mjestu
Izgubljena kuća i nešto zemlje (zemlja koja je ostala nije u uslovima za korišćenje)	Preseljavanje posednika, sagraditi kuću i dati zemlju na novom mjestu
Izgubljena kuća i nešto zemlje (zemlja koja je ostala može da se koristi)	Obnoviti kuću na preostalom zemljištu, kompenzovati gubitak zemlje
Izgubljena kuća, zemlja je ostala	Rekonstruisati kuću na preostaloj zemlji
Izgubljena kuću vlasnik bez zemlje	Rekonstruisati kuću na novom placu u toj istoj ili novoj oblasti onako kako vlasnik želi
Izgubljena kuća vlasnik je zakupac	Pomoći prilikom nalaženja novog doma u staroj ili novoj oblasti u zavisnosti od želje vlasnik je zakupac zakupca
Izgubljena kuća bezpravna gradnja	Pomoć pri nalaženju novog doma u staroj ili novoj oblasti u zavisnosti od njegove želje
Izgubljena zemlja ali ne i kuća	Obezbediti zemlju u okviru razumne udaljenosti od kuće, u drugom slučaju preseliti vlasnika, obezbediti kuću i zemlju u novoj oblasti
Izgubljeno nešto zemlje, (zemlja koja je ostala ne može da se koristi), nije izgubljena kuća	Dati zemlju unutar razumne udaljenosti od kuće ukoliko je to moguće
Izgubljeno nešto zemlje, (zemlja koja je ostala može da se koristi), nije izgubio kuću	Kompenzovati izgubljenu zemlju
Izgubio prihod od posla koji je obavljao kod kuće (privremeno), ali ne i kuću	Rekonstruisati kuću u toj ili nekoj novoj oblasti po želji vlasnika, nadoknaditi izgubljeni prihod tokom procesa preseljavanja
Izgubio posao koji je obavljao kod kuće ili posao	Nema akcije
Izgubio je poslovnu lokaciju, zakupac ili bespravni korisnik	Obezbediti alternativnu lokaciju sa jednakim ili boljim pristupima, uslugama i potencijalima za posao.

3.2 Uticao na klimatske faktore

Osnovni mikroklimatski pokazatelji koji se mogu registrovati iznad saobraćajnice i sa njene jedne i druge strane (temperatura, vlažnost, evaporacija, zraćenje), a bez uticaja izraženih vještaćkih objekata, pokazuju ustaljene zakonitosti koje važe i u konkretnim prostornim odnosima.

Izgradnja i eksploatacija južne obilaznice neće imati negativnih uticaj na klimatske faktore niti meteorološke parametre.

3.3 Uticao na vode

Problematika zagađenja voda u navedenom smislu bila je naroćito potencirana u slučajevima akcidentnih zagađenja koja su na putevima najčešće prisutna u slučajevima saobraćajnih nezgoda vozila koja transportuju naftne derivate i druge hazardne materijale.

3.3.1 Uticaji na kvalitet vode za vrijeme izgradnje

Najveću opasnost predstavljaju:

- Građevinski radovi (miniranje, duboki iskopi, uništavanje i skidanje prirodnog pokrovnog sloja, i drugo). Na taj način mogući su poremećaji prirodnih pravaca prihranjivanja, a ujedno skidanjem

pokrovnog sloja i stvaranjem novih slivnih površina zamućena ili na drugi način onečišćena voda brzo se drenira u podzemlje.

- Građevinske mašine - potencijalna opasnost od prosipanja ili akcidentnih izlivanja nafte i naftnih derivata, odbacivanje motornih ulja i sličnog otpada.
- Nekontrolisano deponovanje iskopanog materijala, te smještaj baza za mehanizaciju ili asfaltnih baza u blizini površinskih i podzemnih voda.
- Korištenje neprikladnih materijala za građenje.
- Nekontrolisana odvodnja sanitarnih voda na mjestima baza za smještaj radnika, gdje su moguća manja zagađivanja od procesa pripreme hrane, kao i sanitarnih čvorova.

3.3.2 Uticaji na kvalitet vode za vrijeme eksploatacije

Glavni izvori polutanata pri eksploataciji dionice obilaznice:

- Vozila,
- Padavine,
- Prašina i
- Precipitacija.

U fazi redovne eksploatacije puta logično je očekivati da će zagađenje voda prvenstveno biti posljedica sljedećih procesa:

- Procurivanje goriva, ulja i maziva
- Taloženje izduvnih gasova,
- Habanje guma,
- Destrukcija karoserije i procjeđivanje tereta,
- Prosipanje tereta,
- Odbacivanje organskih i neorganskih otpadaka,
- Taloženje iz atmosfere,
- Donošenje vjetrom,
- Razvejanje usljed prolaska vozila,

Zagađenje koje je posljedica navedenih procesa po svojoj vremenskoj karakteristici može biti stalno, sezonsko i slučajno (akcidentno).

3.3.2.1 Vrste zagađivača i oblik prisustva

U sledećoj tabeli, prikazani su izvori zagađenja i tipični polutanti koji se nalaze u oticaju sa drumskih saobraćajnica.

Tabela 2. Izvori zagađenja i tipični polutanti koji se nalaze u oticaju sa drumskih saobraćajnica

Polutanti	Izvori zagađenja
Čvrste čestice	Habanje kolovoza, vozila, atmosfera i održavanje puteva
Azot i fosfor	Atmosfera i primjena vještačkih đubriva
Olovo	Olovo u obliku tetrametil olova iz izduvnih gasova vozila, habanje guma
Cink	Habanje guma, motorna ulja i maziva
Gvožđe	Rđa sa vozila, metalne konstrukcija na putu (mostovi, odbojnici), pokretni delovi motora
Bakar	Metalne zaštitne prevlake, habanje ležajeva i četkica na motoru, pokretni delovi motora, habanje kočionih obloga, fungicidi i insekticidi
Kadmijum	Habanje guma i korišćenje pesticida
Hrom	Metalne zaštitne prevlake, pokretni motorni delovi, habanje kočionih obloga
Nikl	Dizel gorivo i benzin, ulja za podmazivanje, metalne zaštitne prevlake, habanje kočionih obloga i asfaltnih površina
Vanadijum	Dodaci gorivu
Titan	Boja za bojenje oznaka na kolovozu
Mangan	Pokretni motorni delovi
Natrijum, kalcijum i hloridi	Soli za odmrzavanje
Sulfati	Kolovozna posteljica, gorivo i soli za odmrzavanje
Nafta i naftni derivati	Prskanje i curenje goriva, antifrizi i hidrauličnih ulja, kvašenje asfaltna površine

3.4 Uticaj na vazduh

3.4.1 Uticaji na kvalitet vazduha za vrijeme izgradnje

Prilikom izgradnje obilaznice do narušavanja kvalitete vazduha doći će usljed:

- uticaja izduvnih gasova iz kamiona i mehanizacije koja će biti angažovana na izgradnji obilaznice,
- uticaja lebdećih čestica (prašina) koja će se dizati sa gradilišta, transpotnih puteva prilikom prolaska kamiona i mehanizacije,
- uticaja lebdećih čestica sa privremenih deponija kamenih agregata.

3.4.2 Uticaji na kvalitet vazduha za vrijeme eksploatacije

Problematika aerozagađenja nije posebno izražena u trasi planirane obilaznice te da, s obzirom na osavremenjavanje voznog parka u budućnosti i značajne restrikcije u pogledu kvaliteta izduvnih gasova, treba očekivati, bez obzira na porast opterećenja, smanjenje koncentracija polutanata.

3.5 Uticaj na tlo i poljoprivredno zemljište

3.5.1 Zagađenje zemljišta

U vrijeme izgradnje obilaznice odvijace se sljedeći procesi:

- destrukcija odnosno trajni gubitak zemljišta (pedocid),
- onemogućavanje pristupnosti parcelama poljoprivrednog zemljišta.
- degradacija zemljišta (erozija, vodoležnost, deponije, gradilišta, skladišta, pozajmišta i sl.),
- kontaminacija zemljišta (prosipanje ulja, maziva i goriva),

3.6 Uticaj na razinu buke i vibracija

3.6.1 Uticaji na ukupan nivo buke za vrijeme izgradnje

Na gradilištu djelovanje buke može uticati na:

- Ometanje govorne komunikacije i komunikacije putem uređaja (buka iznad 65 dB smanjuje mogućnost sporazumijevanja govorom na udaljenosti ispod jednog metra, a otežava fonsku komunikaciju),
- Smanjenje radne sposobnosti, produktivnosti i koncentracije usljed dužeg izlaganja jačoj buci,
- Oštećenja sluha.

3.6.2 Uticaji na ukupan nivo buke za vrijeme eksploatacije

Prema Pravilniku o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma («Službeni list» SR BiH broj 46/89) u sljedećoj tabeli su prikazani dozvoljeni nivoi vanjske buke.

Tabela 3. Najviši dozvoljeni nivoi buke u naseljenim područjima

Područje (zona)	NAMJENA PODRUČJA	Najviše dozvoljeni nivoi vanjske buke dB (A)			
		Ekvivalentni nivoi Leq		Vršni nivoi	
		Dan	Noć	L10	L1
I	Bolničko, lječilišno	45	40	55	60
II	Turističko, rekreacijsko, oporavilišno	50	40	60	65
III	Čisto stambeno, vaspitno-obrazovne i zdravstvene institucije, javne zelene i rekreacione površine	55	45	65	70
IV	Trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore	60	50	70	75
V	Poslovno, upravno, trgovačko, zanatsko, servisno	65	60	75	80
VI	Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanova	70	70	80	85

Ukoliko sračunati planski nivoi prelaze dozvoljene granične vrijednosti za postojeće ili planirane sadržaje definišu se potrebne mjere zaštite.

3.6.3 Uticaji na intenzitet vibracija i zračenja

Tabela 4. Faktori koji imaju uticaj na nivo strukturnih vibracija i buke

Faktor	Uticaj
Vozilo	Ako je oslanjanje kruto u vertikalnom smeru, efektivne vibracije će biti jače. Na drumskim vozilima, samo primarno oslanjanje utiče na nivo vibracija, dok sekundarno oslanjanje karoserije nema nekog vidnog uticaja.
Oslanjanje	Pneumatici su najbolji metod za kontrolu strukturnih vibracija.
Kolosjek/kolovoz	Neravni putevi često rađaju probleme sa vibracijama. Nivoi vbracija opadaju ako se nastoji da površina bude glatka.
Brzina	Veće brzine prouzrokuju više nivoie vibracija.
Objekti za urbani saobraćaj	Generalno je mišljenje da što je objekt urbanog saobraćaja teži, to su niži nivoi vibracija. Nivoi vibracija u laganom bušenom tunelu će biti viši nego u sandučastom podzemnom prolazu izlivenom od betona.
Dubina izvora vibracija	Postoje značajne razlike u karakteristikama vibracija kada je njihov izvor ispod površine tla ili na površini tla.
Faktori i uticaji vezani za put prenošenja vibracija	
Faktor	Uticaj
Vrsta tla	Uglavnom se očekuju viši nivoi vibracija u glinovitom tlu nego u rastresitom peskovitom tlu.
Slojevi stena	Nivoi vibracija često izgledaju viši na drumu na ravnom tlu kada je dubina do stenske podloge 10 m ili manje. Podzemni prolazi u steni daju manje amplitude vibracija u blizini prolaza. Zbog efikasnog rasprostiranja, nivoi vibracija ne opadaju toliko brzo u steni kao u tlu.
Slojevitost tla	Slojevitost će imati značajan, ali nepredvidiv efekat na nivo vibracija, pošto svaki geološki sloj ima različite dinamičke karakteristike.
Dubina do nivoa podzemne vode	Očekuje se da će prisustvo podzemne vode imati značajan efekat na strukturne vibracije iako neki određeni odnos nije očigledan u postojećoj literaturi.
Dubina zamrzavanja	Postoje indicije da je prostiranje vibracija efikasnije u zamrznutom tlu.
Faktori i uticaji vezani za primaoca vibracija	
Faktor	Uticaj
Tip temelja	Generalno je pravilo da što je temelj zgrade masivniji to je veći gubitak na spojnici jer se vibracije prostiru iz tla u zgradu.
Konstrukcija zgrade	Pošto se strukturne vibracije uvek ocenjuju sa aspekta primalaca u unu-trašnjosti zgrade, prostiranje vibracija kroz zgradu se mora uzeti u obzir. Svaka zgrada se različito ponaša pod uticajem strukturnih vibracija prema pravilu: "Što je masivnija zgrada, to su niži nivoi strukturnih vibracija".
Akustična apsorpcija	Veličina akustične apsorpcije u sobi primaocu utiče na nivo strukturne buke.

3.7 Uticaj na floru i faunu

3.7.1 Uticaji na kvalitet flore za vrijeme izgradnje

Uticaji u toku eksploatacije obilaznice na vegetofloru mogu se reflektovati kroz povećanje količine izduvnih gasova zbog uspostavljanja novog protoka sistema saobraćaja, tj. zbog predviđenog tzv. teškog saobraćajnog opterećenja.

Izvedeni hidrotehnički objekti mogu svakako pokazati pozitivističke efekte na habitus i ekološku amplitudu biljnih vrsta, a zbog sinergističkog djelovanja i interakcija na relaciji pedosekvenca - vode - vegetaciono - florni sastav.

3.7.2 Uticaji na kvalitet faune za vrijeme eksploatacije

Kod analiziranja postojećeg stanja utvrđeno je da na širem prostoru ne postoje staništa rijetkih i zaštićenih vrsta i da u tom smislu ne treba očekivati negativne uticaje. Uzimajući u obzir prostorni položaj postojećih staništa kao i prostorni položaj analiziranih koridora može se doći do zaključka da posebno negativne uticaje ne treba očekivati.

3.8 Uticaj na pejzaž

Izgradnjom planiranog puta vizuelne karakteristike koje obuhvataju ovaj elemenat pejzaža neće biti posebno degradirane. Stvaraju se i uslovi za pozitivne efekte koji su sadržani u činjenici da se igradnjom planiranog puta otvaraju nove vizure učesnicima saobraćajnog toka na interesantne pejzažne karakteristike u zoni rijeke Trebižat i Neretve.

3.9 Uticaj na zaštićene dijelove prirode

Analizom predmenog prostora utvrđeno je da se u obuhvatu planiranog saobraćajnog koridora nalazi dolina rijeke Trebižat koja je predložena za stavljanje pod određeni stepen zaštite. Usvajanjem varijante A, koja ide obodom Crnog brda, izbjegnute su direktni uticaji na dolinu rijeke Trebižat, odnosno trebižatsko polje.

3.10 Uticaj na kulturno - istorijsko naslijeđe

Analizom prostornog položaja, evidentiran je nacionalni spomenik - kasnoantičke vile Mogorjelo koji se nalazi se unutar istraživanog koridora buduće obilaznice, što navodi da se označe mogući uticaji na ovo kulturno dobro. Mogući uticaji na Mogorjelo su:

- Vibracije i buka kao posljedica izvođenja građevinskih radova i kretanja teške mehanizacije
- Prašina koja će se dizati sa gradilišta, transpotnih puteva prilikom prolaska kamiona i mehanizacije,
- Prašina sa privremenih deponija kamenih agregata.
- Otpadni gasovi iz kamiona i mehanizacije koja će biti angažovana na izgradnji obilaznice.

Kvantifikacija ovih uticaja zavisice prvenstveno od dinamike radova, odnosno brojnosti mehanizacije i kamiona koji će biti angažovani na izgradnji obilaznice.

Postoji mogućnost da se prilikom izvođenja zemljanih radova u fazama izgradnje, naiđe na arheološke ostatke koji do sada nisu registrovani, pri čemu bi bilo nepходno obavijestiti nadležni zavod za zaštitu spomenika kulture i preduzeti sve mjere na očuvanju eventualnih arheoloških ostataka.

3.11 Uticaj na materijalna dobra (infrastrukturu)

Planirana trasa obilaznice, na pojedinim dijelovima, ima koliziju sa postojećom infrastrukturom na posmatranom području. Najznačajniji uticaj je prelazak obilaznice preko željezničkog terminala. Na području gdje je planirana kružna raskrsnica, kao spoj planirane obilaznice sa postojećim magistralnim putem M17, nalazi se katoličko groblje koje je postojećim magistralnim putem podjeljeno na gornje i donje. Tokom izgradnje obilaznice doći će do presjecanja postojeće elektroenergetske infrastrukture. Planirana trasa obilaznice presjeca put za Struge, te više lokanih puteva.

4. OPIS MJERA ZA UBLAŽAVANJE NEGATIVNIH EFEKATA

Uvažavajući prethodne napomene, podatke koji su dobijeni u okviru analize uticaja kao i lokalne prostorne uslove, kao i meteorološke parametre, koji bitno određuju moguće akcije, cjelokupne mjere zaštite životne sredine su sistematizovane u nekoliko osnovnih grupa:

- opšte mjere zaštite životne sredine,
- posebne mjere zaštite životne sredine,
- tehničke mjere zaštite životne sredine.

4.1 Opšte mjere ublažavanja negativnih uticaja na okoliš

Sve aktivnosti koje su proklamovane u sklopu opšte razvojne politike na nivou države a koje su konkretizovane kroz najviše planske dokumente potrebno je uvažiti u smislu racionalnog upravljanja životnom sredinom za konkretne dionice puta.

U sklopu opšte razvojne politike obezbijediti dosljedno poštovanje regulative od šireg značaja u pogledu graničnih vrijednosti pojedinih uticaja kao i regulative o karakteristikama voznog parka u pogledu kvaliteta izduvniх gasova.

4.2 Posebne mjere ublažavanja negativnih uticaja na životnu sredinu

Put je potrebno opremiti odgovarajućom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom koja obuhvata sve vidove potrebnih zabrana i obavještenja. Za postupke zimskog održavanja neophodno je uraditi posebne operativne planove vodeći prvenstveno računa o zaštiti voda i tla a zatim i o globalnim problemima zaštite životne sredine. Ukoliko dođe do havarije vozila koje nosi opasni teret u praškastom ili granularnom stanju, zaustavlja se saobraćaj i upućuje se zahtjev specijalizovanoj službi koja treba da obavi operaciju uklanjanja opasnog tereta i asanaciju kolovoza.

4.3 Tehničke mjere ublažavanja negativnih uticaja na okoliš

Vode koje otiču sa saobraćajnica u vodotoke i podzemne vode, a koje su veoma često i vode za piće, jedan je od veoma ozbiljnih problema. Zbog toga je uz trasu obilaznice potrebno, izgraditi efikasan zatvoreni sistem sakupljanja vode sa kolovozne površine uz odgovarajući tretman prije njenog ispuštanja (separatori sa taložnicama). Ove otpadne vode s obilaznice ne smiju direktno oticati u rijeke i male vodotoke.

5. PARAMETRI NA OSNOVU KOJIH SE MOGU UTVRDITI ŠTETNI UTICAJI NA ŽIVOTNU SREDINU

Parametri na osnovu kojih se mogu utvrditi štetni uticaji na životnu sredinu prilikom izgradnje i eksploatacije južne obilaznice Čapljinje jesu:

Tabela 5. Parametri u toku izgradnje i eksploatacije

Parametar	U toku izgradnje	U toku eksploatacije
Otpadne vode	Fizičke, hemijske i biološke karakteristike otpadne vode koja će se proizvoditi prilikom izgradnje obilaznice	Fizičke, hemijske i biološke karakteristike otpadne vode koja će sa sa kolovozne površine slijevati prilikom eksploatacije obilaznice
Površinski vodotoci	Fizičke, hemijske i biološke karakteristike vode površinskog vodotoka u čijoj blizini će se vršiti izgradnja obilaznice	Fizičke, hemijske i biološke karakteristike vode površinskog vodotoka u čijoj blizini će biti izgrađena obilaznica i koja će biti krajnji recipijent u koji će se ispuštati otpadne vode sa kolovoza nakon njihovog planiranog prečišćavanja
Kvalitet vazduha	Praćenje sadržaja glavnih polutanata u vazduhu: koncentracija SO ₂ , CO, NO, NO ₂ , NO _x , LČ10, (ULČ) i čađi, na lokaciji izvođenja radova prema predviđenom planu monitoringa	Praćenje sadržaja glavnih polutanata u vazduhu: koncentracija SO ₂ , CO, NO, NO ₂ , NO _x , LČ10, (ULČ) i čađi, na lokacijama stambenih naselja u blizini trase obilaznice prema predviđenom planu monitoringa
Kvalitet zemljišta	U slučaju akcidentnih situacija	Koncentracija teških metala u zemljištu u blizini granice obilaznice
Nivo buke i vibracija	Praćenje ukupnog nivoa i vibracija buke na granicama gradilišta	Praćenje ukupnog nivoa buke i vibracija na granicama puta na lokacijama stambenih naselja u blizini trase obilaznice prema predviđenom planu monitoringa
Flora i fauna	Uništavanje usjeva, drveća, livada, itd. u toku izgradnje	Pratiti učestalost i distribuciju stradalih životinja.

6. SISTEM MONITORINGA

I pored detaljne analize, često i proračuna, pojedine procjene uticaja na okolinu mogu biti nedovoljno pouzdane. Nadalje, u toku vremena se mijenjaju i uslovi okruženja, te i sami propisi. Stoga je moguće da se nakon izgradnje obilaznice ustanovi da neke predviđene mjere za ublažavanje uticaja na životnu sredinu nisu dovoljne, ili čak da planirane aktivnosti nisu u potpunosti sprovedene. Stoga je zadatak nadležnih državnih organizacija uspostava monitoringa životne sredine.

Monitoring ima višestruku svrhu:

- za upravljanje pojavama,
- za informacije, uključujući i za potrebe planiranja i
- za naučne svrhe.

Monitoring treba da identifikuje:

1. stanje u trenutku izrade Studije uticaja na okolinu,
2. stanje u trenutku otpočinjanja gradnje,
3. stanje u trenutku završetka gradnje i
4. stanje u toku eksploatacije uticaja na okolinu.

Sam sistem se može podijeliti u tri faze:

- monitoring nultog stanja,
- monitoring u toku gradnje i
- monitoring u fazi eksploatacije.

6.1. Monitoring nultnog stanja

Prilikom izrade Studije o uticaju na životnu sredinu urađena su određena terenska istraživanja, u sklopu kojih je urađen monitoring nultog stanja. Uzimajući u obzir očekivane uticaje prilikom izgradnje i korištenja buduće obilaznice, uočljivo je da će se najveći uticaji, pored zauzimanja zemljišta koje je nemoguće izbjeći, javiti kroz povećan nivo buke i moguće uticaje na površinske vodotoke. Zbog toga je urađen monitoring buke na više mjesta duž planirane trase te je izvršena analiza i uzorkovanje vode rijeke Trebižat na jednoj lokaciji u trebižatskom polju.



Slika 10 Mjerno mjesto br. 1. na početku obilaznice



Slika 11 Uzorkovanje vode rijeke Trebižat

7. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog studijskog istraživanja cjelokupne problematike uticaja na životnu sredinu projekta izgradnje i korištenja južne obilaznice Čapljina moguće je donijeti generalni zaključak da se uticaji na životnu sredinu, do kojih će doći prilikom izgradnje i korištenja obilaznice, specifičiranim mjerama mogu dovesti u prihvatljive granice, pa se može konstatovati da se realizacijom predmetnog projekta mogu obezbijediti potrebni uslovi za zaštitu životnu sredinu, provođenjem svih definisanih mjera zaštite i realizacijom propisanog monitoringa.

Literatura

- [1] *Studija uticaja na okoliš južne obilaznice Čapljine*, 2014., Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka, 134 str.
- [2] *Idejni projekat, M-6 dionica Ljubuški-Čapljina, obilaznica Čapljine sa studijom izvodljivosti*, 2014., Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka,
- [3] Lantran J.M., Frejacques J.L., Perrin J. (1994). Water menagement and Road Design in Sahelian Countris. Information note. World Bank, Afrika Region, Sahel Department.
- [4] B.J. Alloway, D.C. Ayres, *Chemical Principles of Environmental Pollutions*, Blackie Academic & Profesional, Glasgow, 1994.
- [5] *Inženjerstvo u zaštiti okoline*, Radmila Šećerov Sokolović, Slobodan Sokolović, Novi Sad, 2002. godine.
- [6] *Stanja i procesi u životnoj sredini*, Dragan S. Veselinović, Ivan A. Gržetić, Šimon A. Đarmati, Dragan A. Marković, Beograd, 1995. godine.
- [7] *Fizičko – hemijski osnovi zaštite životne sredine*, Dragan A. Marković, Šimon A. Đarmati, Ivan A. Gržetić, Dragan S. Veselinović, Beograd, 1996. godine.
- [8] Brkić, B., Mitrović, Đ., (2006). Put i životna sredina, zbirka radova. 4, 147-152.

UTICAJ IZGRADNJE AUTOPUTA BAR – BOLJARE, DIONICE SMOKOVAC – MATEŠEVO NA ŽIVOTNU SREDINU

Milica Stanišić¹ Maida Muratović

¹E3 Consulting,

Rezime: *Dionica autoputa Smokovac-Mateševo duga 42 km, dio je autoputa Bar-Boljare dugog 169 km. Ova dionica je karakteristična kao izuzetan saobraćajni i građevinski objekat. Spaja 2 velike rijeke Moraču i Taru, i nalazi se na nadmorskim visinama od 75 m do 1100 m. Posebno je karakteristična po tome što 42% ove dionice čini otvorena trasa, dok 58% čine objekti (20 tunela i 16 mostova). U početnom dijelu trase nalazi se most Moračica visok oko 160 m i duga čak blizu 1 km. Projekat realizuje Kineska kompanija CRBC. Uslovi izgradnje zahtijevaju posebno organizaciju djelatnosti i objekte koji imaju značajan uticaj na životnu sredinu, posebno što se nalazi između 2 vodotoka kvaliteta vode I klase. Uticaji na životnu sredinu manifestuju se preko radničkih naselja i njihovih otpadnih voda, baza za pripremu agregata i pravljenje betona, aktivnosti pri bušenju tunela, preko deponovanja velikih količina iskopanih stijena, potenciranja erozije, otpadnih voda iz radnog procesa, devastacija šuma i drugih efekata. Ovako kompleksni uticaji zahtijevali su i kompleksne mjere zaštite: komunalne otpadne vode su kaptirane i tretirane prije ispuštanja u recipijent; mutnoća vode se kontroliše preko sedimentacionih bazena, a otpadne vode preko postrojenja za prečišćavanje; kontrola kvaliteta vazduha se vrši korišćenjem sistema za otprašivanje itd. Tokom radova izvodi se monitoring svih objekata i opreme (naselja, postrojenja za tretman otpadnih voda, kamenoloma, betonjerki, tunela, zasjeka, odlagališta, građevinske i prateće opreme) i procesa (emisije otpadnih voda, gasova i prašine, emisije opasnog otpada, miniranje, buka, stabilnost teren i sl.). Po kompleksnosti uticaja i obuhvatu prostora ovo je praktičan školski poligon za stručne i naučne analize uticaja i mjera u oblasti discipline životne sredine.*

Ključne riječi: autoput, uticaj, mjere zaštite, monitoring.

IMPACT OF CONSTRUCTION OF HIGHWAY BAR - BOLJARE SECTION SMOKOVAC - MATESEVO ON ENVIRONMENT

Milica Stanisic¹ Maida Muratovic

¹E3 Consulting

Abstract: *Highway section Smokovac-Matesevo, 42 km long, is part of the Bar-Boljare highway, 169 km long. This section is characteristic as an exceptional traffic and construction facility. It connects 2 large rivers Moraca and Tara, and is located at altitudes from 75 m to 1100 m. It is especially characteristic of what 42% of this section makes an open route, while 58% are buildings (20 tunnels and 16 bridges). In the initial part of the route there is the Moracica bridge, which is height about 160 m and long about 1 km. The project is implemented by the Chinese company CRBC. Construction conditions require a special organization of activities and facilities that have a significant impact on the environment, especially where it is located between 2 watercourses that are water quality class I. Environmental impacts are manifested through workers' settlements and their wastewater, base for the preparation of aggregates and making concrete, tunnel drilling activities, through the deposit of large quantities of excavated rocks, causing erosion, wastewater from the working process, devastation of forests and other effects. Such complex impacts also required complex protection measures: sanitary waste water were captured and treated before discharge into the recipient; turbidity of water is controlled through sedimentation basins, and wastewater through the wastewater treatment system; air quality control is done using dust extraction systems, etc. During the execution of works, is carried out monitoring of all facilities and equipment (Settlements, wastewater treatment plants, quarries, concrete mix plant, tunnels, cuttings, landfills, construction and supporting equipment) and processes (waste water, gases and dust emissions, hazardous waste emissions, mining, noise, terrain stability, etc.). Due to the complexity of the impact and the scope of space, this is a practical school field for professional and scientific analyzes of impacts and measures in the field of discipline of the environment.*

Keywords: highway, impact, protection measures, monitoring.

¹ E-mail: milica.stanisic@e3consulting.co.me

1. UVOD

Projekat autoputa Bar-Boljare je sa aspekta uticaja na životnu sredinu do sad najkompleksniji projekat koji je realizovan u Crnoj Gori. Složenost projekta i njegovih uticaja proističe iz karakteristika trase autoputa sa jedne strane i karakteristika prostora kroz koji polazi sa druge strane.

Radi se o trasi koja prolazi kroz veoma složene geološke i reljefne uslove duž i preko najvećih vodotoka Crne Gore, sa više klimatskih tipova od blage mediteranske klime do veoma oštih zima sa snijegom, kontinentalne planinske klime. U ovim izuzetno složenim i teškim uslovima projektovana je rijetko komplikovana trasa autoputa koja se sastoji pretežno od tunela i mostova (58%). Tuneli se izvode u veoma složenim geološkim a ponegdje i hidrološkim uslovima, mostovi premošćavaju velike crnogorske rijeke. Na slici 1 prikazan je budući izgled jednog od najzahtjevnijih objekata na trasi autoputa - most Moračica dug blizu 1000 m, a visok 160 m na rijeci Morači.



Slika 1. Budući izgled mosta Moračica

Izvor: Elaborat procjene uticaja auto puta na životnu sredinu dionica Smokovac-Mateševo.

U ovakom odnosu složenih prirodnih uslova i karakteristike trase autoputa ostvaruju se brojni pritisci na životnu sredinu, uticaji na površinske vode, stabilnost terena (erozija, klizišta), presijecanja tokova podzemnih voda, stvaranje buke i prašine, devastacija vegetacije i zbrinjavanje drvne otpadne mase, izmjene pejzaža isl. S obzirom da trasa autoputa Smokovac-Mateševo prolazi kroz dva riječna sliva-rijeke Tare i rijeke Morače, kvaliteta A klase, s toga se posebna pažnja posvećuje kontroli i zaštiti ovih površinskih voda.

S tim u vezi, na ovom projektu je do sada realizovana značajna racionalizacija pojedinih elemenata projekta koji su imali značajne efekte u zaštiti životne sredine kao i ekonomske efekte. Mnoga od ovih rješenja prvi put su primijenjena u Crnoj Gori kroz projekat autoputa.

2. UTICAJ IZGRADNJE AUTOPUTA I MJERE ZAŠTITE

Čitava struktura uticaja definisana je i pokrivena posebnim monitoring planom koji kontrolira cjelokupan proces i vrste uticaja na životnu sredinu. Pomenuti plan obuhvata definisanje lokaliteta monitoringa, predmet monitoringa sa vrstom uzoraka i vrstom osmatranja ili mjerenja, frekvencijom mjerenja i parametrima koji se mjere.

Svi ovi uticaji kontrolisani su organizovano i stručno preko većeg broja stručnog kadra, tehnologija, opreme, objekata, mjerenja, osmatranja i analiza.

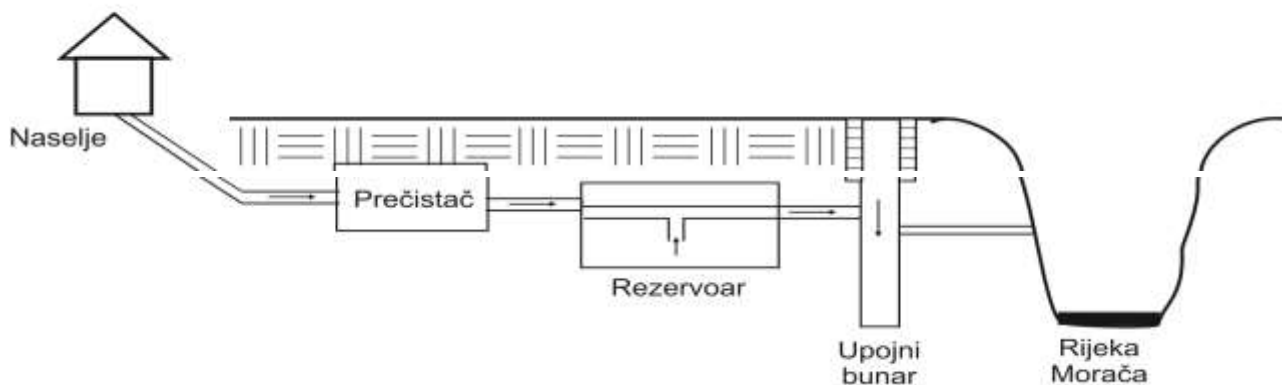
Potencijalno najizraženiji negativni uticaj se može očekivati na vode, zbog hidrogeoloških svojstava tla kojim prolazi trasa autoputa. Teren trase autoputa je na krečnjaku, na oko polovini trase, sa visokim koeficijentima filtracije, što kao posledicu ima brz prodor površinskih voda sa radnih površina u tlo i kontakt sa podzemnim vodama.

U skladu sa navedenim, na karakterističnim lokacijama betonskih baza, drobilnih postrojenja, kampova, radilištima instalirana su predviđena postrojenja:

- Sistem za prečišćavanje otpadnih voda koji je prilagođen za tretman sanitarno - otpadnih voda (u skladu sa dobijenim ekološkim i vodnim saglasnostima);
- Prikupljanje i tretman otpadnih voda sa radilišta.

Proces prečišćavanja sanitarno-otpadnih voda se sprovodi na način da se vode iz kampova sakupljaju u biološki prečišćivač. Otpadne vode putem kanala dotiču u mehanički dio biološkog uređaja, gdje se talože krupnije čestice. Voda potom otiče u biološku komoru, iz koje se prečišćena voda dalje odvodi u recipijent preko upojnih bunara. Bunar je izveden tako da se otpadna prečišćena voda uliva direktno u šljunkovito-pjeskoviti filter, prije nego što uđe u podzemne vode.

Na sledećoj slici dat je primjer odvođenja otpadnih voda iz kampa Bioče, stacioniranog pored rijeke Morače.



Slika 2. Šematski profil odvođenja otpadnih voda iz radničkih naselja (Kamp Bioče)

Izvor: Elaborat procjene uticaja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda za potrebe kampa I-1 Bioče na životnu sredinu

Uticaji postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda na životnu sredinu ispoljavaju se preko prečišćenih otpadnih voda, koje podliježu mjesečnoj kontroli i preko kanalizacionog mulja koji specijalizovana organizacija odvozi izvan kampa iz svakog uređaja posebno.

Takođe, prilikom redovnog monitoringa stanja zabilježene su pojave nekoliko vrsta voda na radilištima. Pojava podzemnih voda u tunelima može se pretpostaviti na osnovu geoloških profila. U ovim predjelima izgradnje tunela postoji mogućnost potencijalne pojave podzemnih voda u tunelu iz krečnjaka i breča (većeg obima) ili iz pješčara i konglomerata (manjeg obima).

Količine vode koje se koriste za mašine za bušenje tunela (vode iz radnog procesa) opterećene su suspendovanim materijama (sitnim česticama stijena).

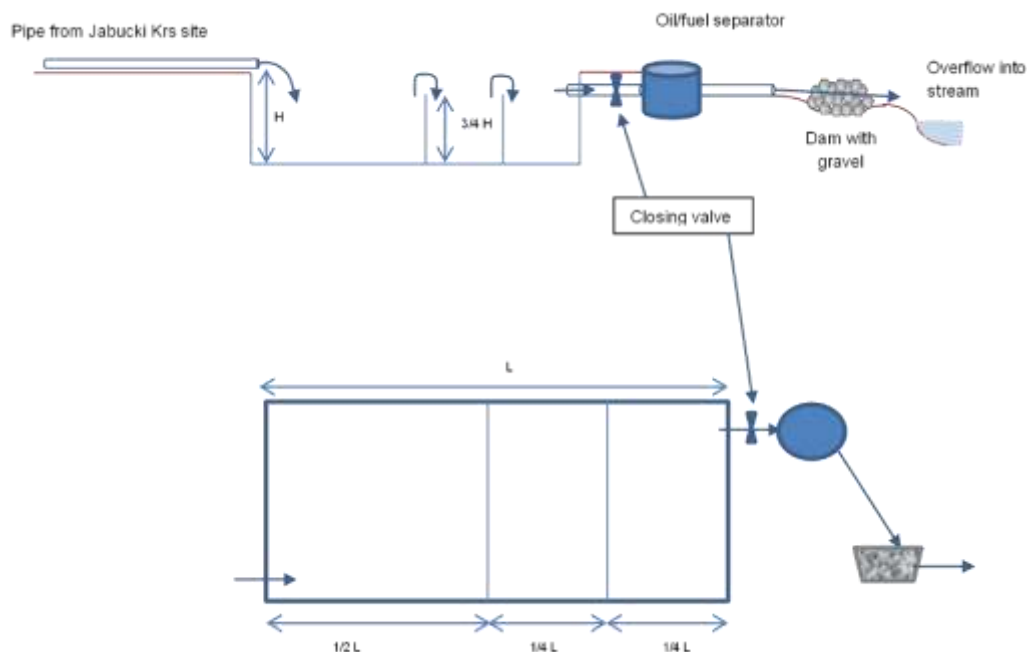
Zatim tu su atmosferske vode, koja se mogu kontrolisati kanalisanjem, kako bi se smanjila mogućnost erozivnih procesa, posebno na nasutim djelovima terena i preko eluvijuma

Tunel Jabučki krš (Slika 3a i 3b) čine dvije tunelske cjevi (desna i lijeva) koje se nalaze u kružnoj krivini, čiji su radijusi $R=1535,00$ m. Dužina tunela na lijevom kolovozu iznosi 1356 m, a na desnom $L= 458.00$ m. Voda se odvodi kroz kanal sa lijeve strane tunela, sve do prirodnog taložnika, u koji se uliva voda sa radilišta. Još niže se nalazi taložnik-rezervoar koji se sliva voda i od pranja vozila). Na geološkom profile tunela Jabučki krš jasno je prikazan sloj krečnjaka i 2 sloja krečnjačkih breča. To su potencijalno nosioci podzemnih voda.



Slika 3a i 3b. Sjeverni portal tunela Jabučki krš (autoput Bar-Boljare, dionica Smokovac-Mateševo)
Izvor: E3 Consulting

Za problem odvođenja voda sa radilišta izrađeno je tehničko rješenje za prečišćavanje i bezbjedno ispuštanje otpadnih voda u prirodni recipijent. S obzirom da su ove otpadne vode opterećene suspendovanim materijama, pomenutim tehničkim rješenjem predviđena je izgradnja odvodnog kanala, sedimentacionog bazena i instaliranje separatora za ulje (slika 4).



Slika 4. Primjer sistema za odvođenje i prečišćavanje otpadnih voda sa gradilišta tunela Jabučki krš (autoput Bar-Boljare, dionica Smokovac-Mateševo)
Izvor: E3 Consulting

Sedimentacioni bazeni imaju ulogu da djelimično prečiste otpadne vode od supenzija. Njihova primarna funkcija jeste da smanje unos otpadnih supstanci - suspendovanih materija (čestica veličine manje od 10 µm) u prirodni recipijent. Potpuno otklanjanje mutnoće vode može se izvesti samo filtracijom i drugim dopunskim skupim metodama, što se uobičajeno radi samo za vodu za piće. Iz navedenog razloga, kad je u pitanju smanjenje mutnoće vode sa radilišta, najefikasnije i najracionalnije se ispostavilo navedeno rješenje tj. primjena sedimentacionog bazena.

Na radilištima se takođe vrši pranje i mehanizacija vozila i mašina, pa samim tim dio sistema za odvođenje i prečišćavanje otpadnih voda sa radilišta je i separator za ulja, koji ima ulogu za odvajanje i prikupljanje ulja i masnoća u otpadnoj vodi, nastalom od pranja i održavanja mašina.

Mjerenje kvaliteta navedenih otpadnih voda se vrši za svaki izliv i to prije miješanja otpadnih voda sa vodom recipijenta u skladu sa zakonom. Izvođač radova obezbjeđuje vođenje evidencije o učestalosti ispitivanja, količini i sastavu opasnih i štetnih materija na propisanim obrascima.

3. INOVATIVNA RJEŠENJA PRIMJENJENA NA PROJEKTU U CILJU ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Na ovom projektu realizovana su racionalna rješenja nastalih problema koja su imali značajne ekonomske efekte i efekte u zaštiti životne sredine. Mnoga od ovih rješenja prvi put su primijenjena u Crnoj Gori, kroz projekat autoputa.

- Deponovanje građevinskog otpada

Prilikom izgradnje autoputa nastaju velike količine građevinskog otpada čije je deponovanje u geološkim, morfološkim i hidrološkim uslovima bilo veoma komplikovano, rizično i skup. Koristeći zakonske mogućnosti izrađeno je tehničko rješenje za deponovanje građevinskog otpada. Ovim rješenjem predviđeno je da se iskopani stijenski materijal-građevinski otpad koristi kao građevinski materijal. Jedan dio ovog građevinskog materijala iskorišćen je za regulaciju rijeke Tare.

- Smanjenje pH vrijednosti u otpadnim vodama sa radilišta

U radnom procesu betoniranja tunela nastaju otpadne vode koje imaju veoma povećanu pH vrijednost. U rješavanju ovog problema izvršena su modelska ispitivanja na terenu, o mogućnosti primjene metode razblaženja putem miješanja sa vodama iz i oko tunela. Tako je postignut efekat smanjenja pH vrijednosti sa 10 i 11 na 7. Na ovaj način je riješeno racionalno i ekonomično ovo pitanje u datim hidrološkim uslovima, bez upotrebe aditiva. I dalje se nastavlja sa praćenjem količina vode kako bi se ovaj metod mogao primjenjivati i u budućnosti.

- Smanjenje mutnoće vode (lebdećih čestica)

Svedena je velika mutnoća vode na prihvatljiv nivo lebdećih čestica pomoću sedimentacionih bazena, među kojima je posebno sedimentacioni bazen urađen na lokalitetu Jabučki krš u skladu sa klasičnim inženjerskim i školskim rješenjima.

- Stabilizacija terena

Stabilizacija terena, nakon iskopa i nasipanja duž trase autoputa, izvršena je u velikom procentu uspješno. Na manjim lokalitetima zatravnjivanjem, a na većim površinama torkret betonom. Tako da se, do sada uspješno, u veoma rizičnim geološkim uslovima održi stabilnost terena, uz manje mjestimične pojave erozionih procesa.

- Dovođenje vode sa izvora do lokaliteta Bratonožići-Pelev brijeg

Južni dio trase autoputa nalazi se u izuzetno aridnom i bezvodnom području. Za potrebe autoputa dovedena je voda sa izvora kroz tunel Trebješica do lokaliteta Bratonožići-Pelev brijeg. Ovo je prvi put, od postojanja predjela Bratonožića da se na njemu dovede izvorska voda. Osim što je sa ovim na racionalan način riješeno pitanje obezbjeđenja vode na izgradnji autoputu, nakon završetka radova ova voda će se koristiti za vodosnabdijevanje naselja Bratonožići, u kojem je do sada korišćena samo voda od kišnice.

- Proučavanje mogućnosti korišćenja novih izvora podzemne vode

U procesu izgradnje autoputa otkriveni su, i dalje se očekuje otkrivanje novih izvora podzemne vode tokom izgradnje pojedinih tunela. Vršiti se proučavanje za cilju korišćenja ovih voda za vodosnabdijevanje lokalnih naselja, ali i za potrebe autoputa. Postoji mogućnost da se zavisno od ovih količina, obezbijedi voda za potrebe autoputa u eksploataciji gravitacijom. Time bi bila izbjegnuta skupa i komplikovana rješenja, a obezbijedio bi se ekonomičan, racionalan i tehno-ekonomski opravdan ekološki sistem vodosnabdijevanja.

- Ugradnja separatora za ulja i masti

Otpadne vode opterećene ugljovodonicima na svim mjestima se tretiraju preko posebnih separatora za ulja i masti. Dalje se, ovako tretirane vode, sakupljaju i odvoze sa radilišta od strane specijalizovane organizacije.

- Ugradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda

Za sva radnička naselja na trasi autoputa ugrađeni su uređaji za tretman sanitarnih voda koji su pod stalnom kontrolom s obzirom da se pored radničkih naselja nalaze vodotoci prve kategorije kvaliteta. I pored toga što ni u jednom lokalnom naselju duž autoputa nema tretmana sanitarnih otpadnih voda na ovaj način, izvođač radova je obezbijedio specijalnu zaštitu, jer se čak prečišćene vode ne ispuštaju direktno u vodotoke već prethodno prolaze upojne bunare.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu analize raspoložive dokumentacije i redovnog obilaska buduće trase autoputa, može se konstatovati da će svi infrastrukturni objekti koji će se graditi u funkciji autoputa imati određeni nivo uticaja na uže i šire okruženje. Kako bi se negativni uticaji spriječili, sveli u granice prihvatljivosti ili potpuno eliminisali, uz istovremeno ostvarenje i realizaciju planirane dinamike izgradnje i namjene objekata, sprovedene su određene mjere zaštite životne sredine.

Prema svim dosadašnjim analizama i iskustvima, veoma kompleksne mjere, procesi, objekti i tehnologije koji su primjenjeni pri izgradnji autoputa Bar-Boljare, ostvarili su efekte zaštite životne sredine, više nego na i jednom drugom projektu u Crnoj Gori. Pri tom, imamo u vidu kompleksnost projekta, veliki broj uticaja koji proizvodi autoputa, sa jedne strane i rezultate zaštite životne sredine koji su postignuti po tom osnovu sa druge strane.

Zahvale

Veliku zahvalnost dugujemo prof. dr Mihailu Buriću, koji je omogućio potrebnu dokumentaciju i pomogao svojim savjetima pri izradi ovog naučnog rada.

Literatura

- [1] Konzorcium Inter project - Entasis d.o.o., *Elaborat procjene uticaja auto puta na životnu sredinu dionica Smokovac-Mateševo*, Podgorica 2015.
- [2] Konzorcijum E3 d.o.o. i Medix d.o.o., *Monitoring program životne sredine, autoput Bar – Boljare, dionica: Smokovac-Mateševo*, Podgorica 2015.

УТИЦАЈ ПУТА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ И МЕРЕ ЗАШТИТЕ НА ПРИМЕРУ БРЗЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ IB РЕДА БР. 21: НОВИ САД-РУМА

Ива Капланец^{*1}, Снежана Радуловић Јевремовић*, Нада Драговић*, Јована Кленпић*, Владимир Тасић*

**Институт за путеве а.д. Београд, Булевар Пека Дапчевића 45*

Резиме: Утицај пута на животну средину представља глобалну проблематику којој треба систематски приступити. Изградња и експлоатација пута доводе до физичких и хемијских промена у животној средини које углавном укључују фрагментацију и губитак примарног станишта, промену микроклиме, појаву буке, загађености ваздуха, земљишта, површинских и подземних вода и др. Посматрана саобраћајница простире се у планинско-равничарском терену правцем преко Фрушке горе према Руми и северном делу Републике Србије. С обзиром да саобраћајница пролази кроз Национални парк Фрушка гора и осетљивост поменутог подручја (присуство ендемичних и заштићених врста биљака и животиња) посебна пажња усмерена је ка мерама заштите флоре и фауне којима би се негативни утицаји изградње и експлоатације пута свели на најмањи могући ниво.

Кључне речи: пут, утицаји, мере заштите, животна средина

THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF ROAD AND PROTECTION MEASURES ON EXAMPLE OF FAST ROAD OF THE IB CLASS NO. 21: NOVI SAD-RUMA

Iva Kaplanec^{*1}, Snezana Radulovic Jevremovic*, Nada Dragovic*, Jovana Klenpic*, Vladimir Tasic*

**Highway institute, Bulevar Peka Dapcevicica 45*

Abstract: The environmental impact of road is a global issue that needs to be systematically accessed. Construction and exploitation of the road lead to physical and chemical changes in the environment that mainly include fragmentation and loss of primary habitat, change of microclimate, noise, air pollution, soil pollution, pollution of surface and groundwater, etc. The observed roadway extends over the mountainous-lowland terrain in the direction of Fruska Gora towards Ruma and over the northern part of the Republic of Serbia. Considering the the road through the Fruska Gora National Park and the sensitivity of the mentioned area (the presence of endemic and protected species of plants and animals), special attention has been directed towards the protection measures of flora and fauna in order to minimize the negative impacts of the construction and exploitation of the road.

Keywords: road, impacts, protection measures, environment

1. УВОД

Постоје бројне предности изградње и експлоатације путева које се огледају углавном кроз социолошки и економски аспект [1]. Гледано кроз аспект екологије, утицаји који се тада јављају на животну средину су углавном негативни [2]. Кроз овој рад биће описани утицаји пута на животну средину на примеру брзе саобраћајнице IB реда бр. 21 Нови Сад – Рума као и мере заштите.

Посматрана деоница простире се у планинско-равничарском терену правцем преко Фрушке горе према Руми и северном делу Републике Србије. Шире посматрано, предметни путни правац повезује АП Војводину са западним делом Републике Србије, односно веома важне административне и регионалне центре и источне делове Републике Босне и Херцеговине и Републике Хрватске. Предметна деоница пролази кроз различите типове екосистема те сходно томе разматрани утицаји и мере заштите биће различити у односу на предео кроз који деоница пролази и његових специфичних карактеристика као што су: присуство воденог тока, очуваности екосистема, антропогеног утицаја, богатства флоре и фауне, присуства законом заштићених врста и сл.

¹ Аутор задужен за кореспонденцију: i.kaplanec@highway.rs

2. ЗНАЧАЈНИ УТИЦАЈИ

Утицај путева на животну средину може се посматрати кроз временски и просторни аспект укључујући ефекте на абиотичке и биотичке компоненте животне средине. Ефекти могу бити локални (уз саму деоницу пута) или шири [3]. Просторни аспект утицаја пута на животну средину огледа се кроз директни губитак и фрагментацију станишта услед изградње и експлоатације путева, пресецања постојећих природних миграторних и ловних путева животиња, делећи екосистеме на две целине чиме се умањује њихова стабилност и могућност саморегулације. Просторни утицаји пута варирају и разликују се зависно од типа станишта, предела кроз који деоница пролази као и од самог типа саобраћајнице [4]. Што се тиче временског аспекта утицаја пута на животну средину, различити штетни утицаји могу се јавити током изградње саобраћајнице или накнадно, током експлоатације и одржавања исте.

У овом раду биће анализирани утицаји брзе саобраћајнице током изградње и експлоатације, у домену загађења ваздуха, воде и земљишта, светлосног загађења, појаве буке, са фокусом на штетне утицаје на флору и фауну [5].

2.1. Ваздух

Изградња саобраћајнице и само извођење грађевинских радова по својој природи представља значајан извор загађења атмосфере због коришћења грађевинске механизације која за погон користи углавном фосилна горива. Покретање великих земљаних маса током израде тупа пута (усек, насип) изазива подизање у атмосферу великих количина прашине која може да изазове негативне последице на становништво и вегетацију. Рад асфалтних база, као и уградња асфалтне масе на траси пута, доводе до емисија лако испарљивих органских једињења, која у свом саставу имају значајан проценат полицикличних ароматичних угљоводоника. Загађење ваздуха присутно је и током експлоатације саобраћајнице с тим што је утицај загађења ваздуха просторно ограничен углавном само на површину коловоза.

2.2. Вода

Негативни утицаји пута и загађења вода које се налазе у његовој близини карактеришу две основне етапе, у току изградње и загађења у току експлоатације. Могућа загађења воде у фази изградње су привременог карактера, по обиму и интензитету ограничена, мада у случајевима појединих хаварија могу довести до озбиљнијих последица.

На местима где је градилиште смештено у близини река или потока, површинске воде могу бити угрожене потенцијалним истицањем опасних супстанци као што су моторна уља или средства за подмазивање.

Утицаји пута односе се и на подземне воде. Наиме, током пробијања тунелских цеви кроз земљиште може доћи до пресецања путева кретања подземних вода. Таква ситуација се може очекивати и на предметној деоници, пробијањем тунела кроз Фрушку гору. По завршетку радова у тунелу, за очекивати је да ће се режим кретања подземних вода усталисти, односно да се привремени прекид устаљених кретања подземних вода на том месту, неће одразити на издашност појединих извора у зони утицаја изградње будуће саобраћајнице тј. тунела.

Загађење изазвано експлоатацијом пута може настати као последица хабања гума, таложења издувних гасова, деструкције каросерије, процеђивања и просипања терета, одбацивања органског и неорганског отпада, развејавања услед проласка возила и сл.

2.3. Земљиште

Промене у земљишту настају као последица низа утицаја који се могу класификовати у две основне групе: деградација земљишта и загађење земљишта.

Деградација земљишта дешава се током фазе изградње саобраћајнице приликом радова на рашчишћавању постојећег земљишта, вегетације и грађевина као и уклањању површинског слоја земље. Такође, до деградације може доћи због отварања изворишта материјала или због формирања депонија.

До загађења земљишта током фазе изградње саобраћајнице може доћи услед неправилног управљања дериватима нафте који се користе за погон и одржавање грађевинске механизације и других постројења у току изградње, прања возила и механизације изван за то предвиђених и уређених места. До загађења земљишта такође може доћи услед постојања неадекватно уређеног градилишта и другим активностима које се не спроводе по препорукама техничких мера заштите у току изградње. Овај вид загађивања се може свести на минимум или у потпуности елиминисати уз поштовање техничких мера заштите.

Током експлоатације пута такође може доћи до загађивања земљишта углавном као последица загађења од атмосферских вода са коловоза, таложена издувних гасова, одбацивања органских и неорганских отпадака, просипања терета и сл.

Утицај брзе саобраћајнице на загађење земљишта је просторно ограничен, уз ивицу пута. Одређени утицаји, на површини непосредно уз коловоз, могу се очекивати кроз ефекте засољавања тла као последица зимског одржавања.

2.4. Бука и светлосно загађење

Још један негативни утицај који се јавља услед изградње и експлоатације саобраћајнице јесте бука. Фазу изградње, карактерише рад механизације и постројења лоцираних дуж саобраћајнице која се гради. Организацију грађења линијског објекта као што је пут карактерише распоред грађевинске механизације на релативно великом простору што онемогућава интервенције на заштити околине од повишених нивоа буке у овој фази. Изложеност овим утицајима је временски ограничена и привремена током извођења радова.

Током фазе експлоатације пута такође се јавља бука која се детаљно анализира како би се утврдила оцена стања угрожености од саобраћајне буке и могле применити одговарајуће мере заштите.

Светлосно загађење је тип загађења које се може јавити код већих саобраћајница, где је потреба за јачим осветљењем неопходна. Овај тип загађења штетно делује у највећој мери на флору и фауну која се може наћи у непосредној близини саобраћајнице. У даљем тексту рада биће предложене одговарајуће мере заштите на примеру брзе саобраћајнице IB реда бр. 21 Нови Сад – Рума.

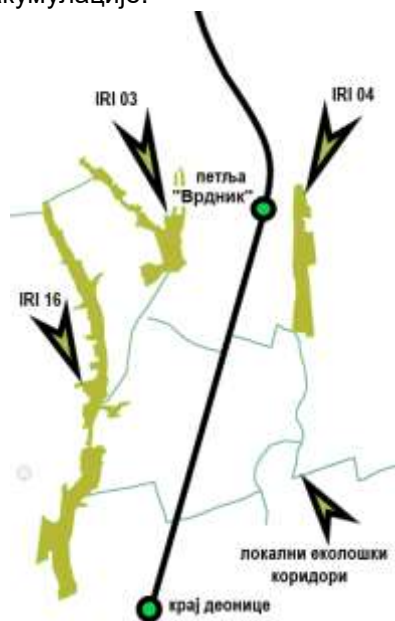
2.5. Екосистеми – флора и фауна

У оквиру разматраног простора кроз који пролази предметна деоница, најзначајнији негативан утицај на екосистеме је заузимање површина, јер се ради о природним екосистемима који су развијени на ливадама, шумском и пољопривредном земљишту.

Паралелно са трасом пута на фрушкогорском лесном платоу простиру се три станишта заштићених и строго заштићених врста билјака, животиња и гљива, као и локални еколошки коридори које пут пресеца (Слика 1):

- Ознака: IRI03, назив: „Пашњаци Пивице лок. Брег“, тип станишта: степе на лесу, рурални мозаици
- Ознака: IRI04, назив: „Пашњаци код Ирига локалитет Касарне“, тип станишта: степе на лесу, панонске шумостепе

- Ознака: IRI16, назив: „Пашњаци и акумулације ка Борковцу“, тип станишта: степе на лесу, ливаде, панонске шумостепе, акумулације.



Слика 1. Станишта заштићених и строго заштићених врста, локални еколошки коридори

Извор: Покрајински завод за заштиту природе

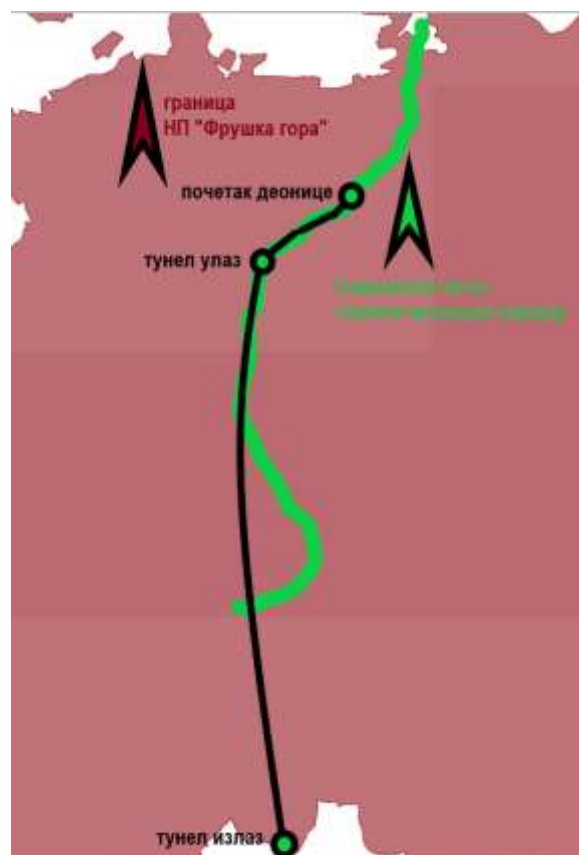
Током изградње саобраћајнице долази до промене намена површина у виду: потпуног губитка раније намене (на којима ће бити коловозна конструкција, потпорне конструкције и канали за одводњавање), измењених карактеристика површина (на којима се изводе земљани радови, уклања аутохтони покривач, и накнадно се обрађују новим флористичким елементима).

Значајни утицаји саобраћајнице на екосистеме посматрани су кроз четири просторне целине (Слика 2): Скевина јама, Скевина јама-граница националног парка, граница националног парка-укрштај пута IБ реда бр. 21 и пут IIБ реда бр. 313-крај деонице.



Слика 2. Разматране просторне целине дуж деонице
Извор: Google Earth

Прва просторна целина обухвата део од почетка деонице до уласка у тунел (Скевина јама). На овом простору налази се локални еколошки коридор - Новоселски поток (Слика 3), што ову просторну целину чини најосетљивијом и најподложнијом штетним утицајима пута у погледу флоре и фауне. Заузимање површина у оквиру ове просторне целине које настаје изградњом путног објекта доводи до нестанка дела простора који је раније коришћен за исхрану животиња, миграције, размножавање, формирање гнезда, скровишта и сл. Губитак скровишта у навећој мери може негативно да утиче на слепе мишеве. У Скевиној јами предвиђена је чиста сеча шуме на површинама где ће се изводити земљани радови. Шума је стара око 140 година, у чијим старим и напуклим стаблима и испод коре дрвећа слепи мишеви проналазе погодно место за скровиште. Такође, у овим стаблима скровиште проналазе и неке врсте ситних сисара (веверице, пухови, шумски мишеви) и птица. Поред нестанка скровишта, чиста сеча доводи до велике промене у саставу фитоценозе и микроклиме у Скевиној јами што неминовно утиче на промену састава зооценозе. Најзначајније промене микроклиме огледају се у повећаној инсолацији и брзини ветра, смањењу влажности ваздуха и израженијим дневним колебањима температуре.



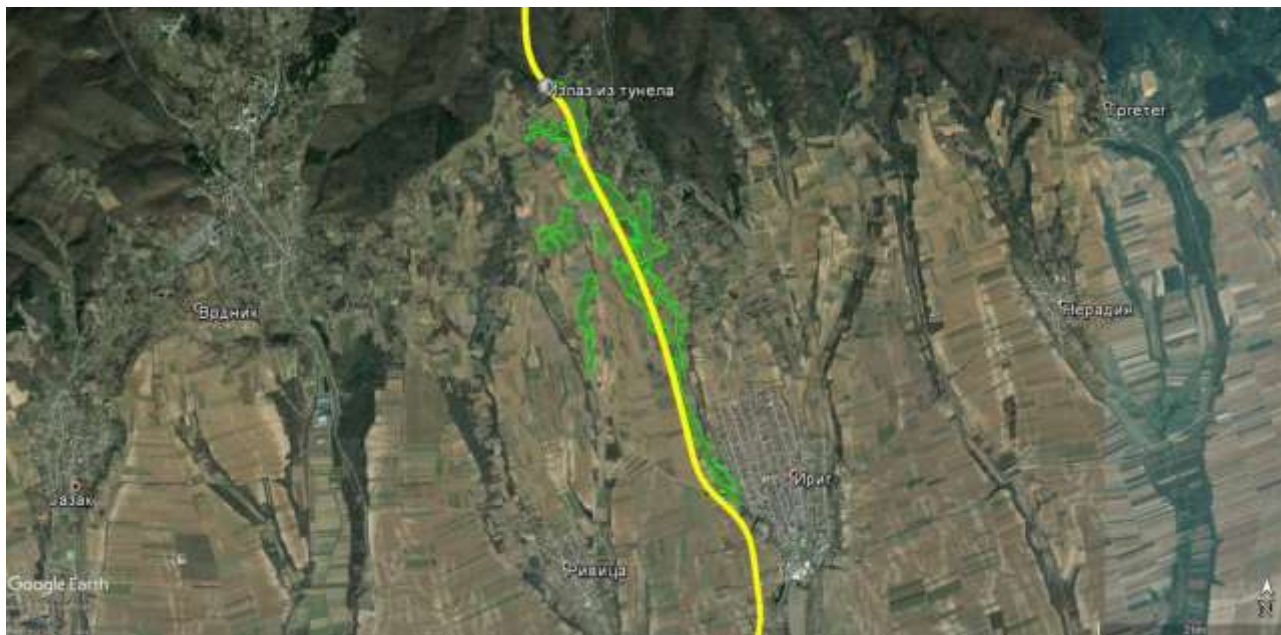
Слика 3. Локални еколошки коридор - Новоселски поток

Извор: Покрајински завод за заштиту природе

Друга просторна целина кроз коју посматрамо утицај пута на екосистеме је зона тунела. Овде се не очекују негативни утицаји, јер нема измена у природном окружењу. Очувани су сви миграторни и ловни путеви животиња, склоништа и постојећа вегетација. Такође нема ни промене микроклиме, осим на малој површини на улазном и излазном порталу где се очекује појачано ступање ваздуха, али тај утицај се може сматрати занемарљивим.

Трећа просторна целина је од излаза из тунела до петље „Врдник“. Њена главна карактеристика је мозаичност станишта које је већ изложено антропогеном утицају. По изласку из тунела шуме се јављају само у фрагментима помешане са мањим парцелама винограда и воћњака (Слика 4). Као последица изградње и експлоатације саобраћајнице, не очекују се значајни негативни ефекти осим у пресецању миграторних и ловних путева животиња формираних захваљујући разноликим типовима

станишта (ливаде, шумарци, воћњаци, виногради и обрадиве површине). На месту изградње наплатне рампе (путарине за тунел) предвиђено је постављање расвете која може да има негативан ефекат на ноћне животиње. Пре свега мисли се на слепе мишеве и птице које су активне ноћу.



Слика 4. Приказ фрагмената шума по изласку деонице из тунела

Извор: Google Earth

Четврта просторна целина ограничена је на већ постојећи пут ИБ 21 где долази до проширења коловоза и изградње сервисних саобраћајница. Природни екосистеми у непосредној близини саобраћајнице су у потпуности антропогено измењени и претворени у обрадиве површине и воћњаке. Постојање пута ИБ 21 већ је довело до пресецања миграторних и ловних путева животиња, те су се организми већ прилагодили на постојеће стање, те стога нових утицаја неће бити.

3. МЕРЕ ЗАШТИТЕ

Мере заштите којима би се негативне последице свеле у прихватљиве границе, обухватају мноштво активности за сваки од уочених утицаја и то у фази изградње и фази експлоатације саобраћајнице.

Регулативне мере предвиђене су законима, правилницима, урадбама, одлукама, стратегијама и другим прописима, нормативима, стандардима и одговарајућом регулативом којима се ова проблематика дефинише.

Имајући у виду значај подручја кроз које пролази траса будуће брзе саобраћајнице потребно је да се још у фази планирања и пројектовања објекта предвиде мере уклањања, односно неутрализације опасних материја емитованих у животну средину.

3.1. Мере заштите ваздуха, воде и земљишта

Током извођења грађевинских радова потребно је спровести низ мера како би се негативни утицаји на квалитет ваздуха свели на минимум. Како не би дошло до неконтролисаног разношења грађевинског материјала транспортним возилима потребно је чистити возила пре изласка на јавне површине као и обавезно покривање или влажење материјала. Потребно је и обезбедити техничку исправност механизације редовним техничким контролама норми емисије штетних гасова.

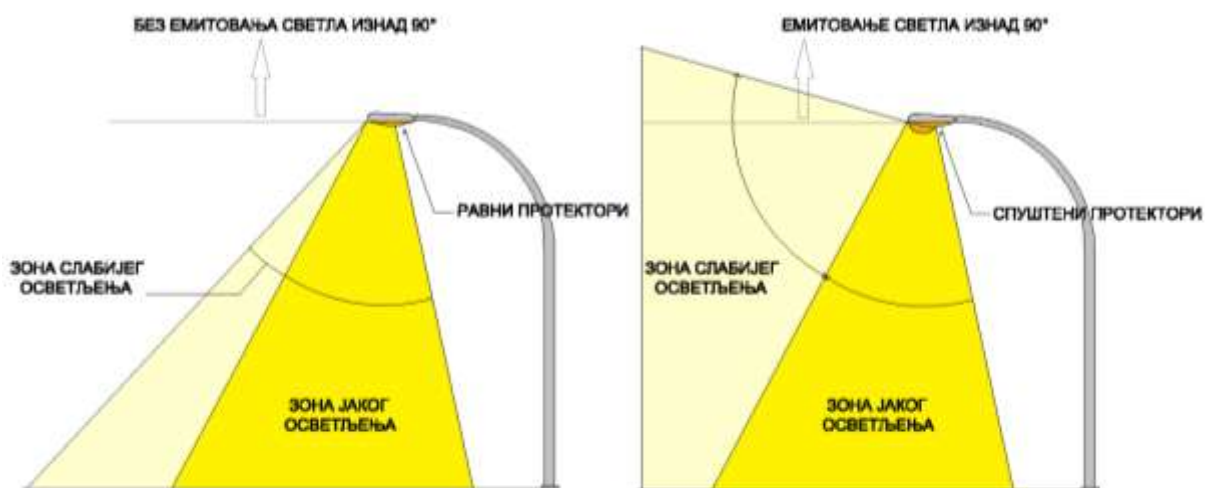
Употребљену воду са градилишта сакупити и третирати на одговарајући начин. Отпадне воде не смеју се испуштати без претходног третмана. Простор за складиштење горива треба да буде бар на 50 m удаљености од водотока и неопходно је забранити складиштење и руковање горивима, уљима и др. опасним материјама у зонама заштите водоизворишта. Отпадне воде не смеју се испуштати без претходног третмана. На посматраној саобраћајници предвиђен је контролисан систем одводњавања атмосферских вода са коловоза. Отпадна вода са коловоза се контролисано након сакупљања, таложења и пречишћавања, испушта у реципијент.

3.2. Мере заштите од буке и светлосног загађења

Изворе буке у току изградње представљају тешке грађевинске машине као и саобраћај грађевинских машина везаних за извођење радова. Као општа мера ублажавања, од извођача радова се захтева да користи модерну опрему са пригушивачима буке и да се придржавају уобичајених радних сати у току дана. Посебну пажњу посветити мерама заштите током извођења радова у Скевиној јами.

На посматраној деоници постоји мали број објеката који би могли бити изложени негативном утицају буке услед одвијања саобраћаја налазе се у зони петље „Врдник“. Како су у питању појединачни објекти и с обзиром на њихов просторни распоред, за њих су предвиђене пасивне мере заштите.

На свим локацијама у оквиру Националног парка где је по пројекту предвиђено увођење расвете, потребно је испоштовати услов да се светлост усмерава ка коловозу са што мањим расипањем. На овај начин смањује се негативан утицај светлости на слепе мишеве и птице које су активне ноћу. На слици 5 дат је упоредни приказ две врсте осветљења у зависности од врсте протектора који се примењују. Као мера заштите од светлосног загађења на траси пута примењене су најсавременије светилке са LED технологијом, а у складу са захтевима савременог осветљења уз уважавање критеријума функционалности, енергетске ефикасности и водећи рачуна о економичности инсталације. Напајање осветљења извешће се из трафостаница према условима локалне Електродистрибуције. За осветљење пута користиће се 2 типа расветних стубова: расветни стуб висине 12 m са светилком AMPERA MIDI 64 LEDs (700 mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5140 351592) и расветни стуб висине 8 m са светилком AMPERA MIDI 32 LEDs (700 mA NW Flat, Glass Extra Clear, Smooth 5137 351532).



Слика 5. Приказ типа осветљења дуж саобраћајнице

Извор: Technical paper: Environmental effects of roadway lighting

3.3. Мере заштите флоре и фауне

С обзиром да је сеча шуме неопходна како би деоница могла да прође на предвиђеном месту, неопходне су и мере заштите како би се утицаји на флору и фауну тог простора свели на минимум.

Сигурносна сеча се обавља пре почетка радова ван области изградње пута. Обухвата радове на просветљавању рубних делова шуме у циљу повећавања отпорности и прилагођавања стабала на промене које ће настати проласком трасе пута. Сечу треба спроводити у фази мировања вегетације. Да би се избегла оштећења осталих стабала гранични низ дрвећа предвиђених за сечу се не уклања за време извођења радова већ у завршној фази.

Пре извођења земљаних радова треба водити рачуна и о биљним врстама које су под режимом заштите (као заштићене или строго заштићене) и спровести стручан надзор од стране запослених у НП Фрушка гора. Неопходно је идентификовати их уколико постоје и преместити на погодну локацију. Идентификација и премештање врше се у периоду када је то најприкладније у зависности од врсте, периода цветања и сл.

У Скевиној јами, у току извођења радова на чистој сечи шуме која је старости око 140 година и може се очекивати да у пукотинама стабала и испод коре слепи мишеви проналазе склониште, треба водити рачуна да се не угрози њихов живот. Користити период хибернације слепих мишева за чисту сечу шуме није погодан избор јер се вероватно извештан број јединки налази на овој локацији. Препоручује се и примена ултра-соничних растеривача (намењених за спољашњу употребу) док слепи мишеви још нису у периоду хибернације.

Како би се утицаји изградње и експлоатације саобраћајнице на природна богатства Националног парка свели на најмању могућу меру брза саобраћајница пролазиће Националним парком Фрушка гора кроз тунел. На траси будуће саобраћајнице од изласка из тунела до петље „Врдник“ услед присуства малих површина под шумарцима, као и уклањања дела вегетације може се предложити постављање кућица за слепе мишеве. Разлог постављања је недостатак довољног броја стабала погодних за проналажење скровишта. Кућице се постављају на висини од 2-6 m појединачно или у групама. Пример изгледа кућице дат је на слици 6. Треба имати у виду да су слепи мишеви доста неповерљиви и да им је потребно и пар година да прихвате нова скровишта.



Слика 6. Кућице за слепе мишеве

Извор: Google

Изградњом брзе саобраћајнице долази до фрагментације станишта и физичког раздвајања раније целовитих екосистема. У циљу очувања биодиверзитета, неопходно је омогућити слободно кретање јединки између очуваних субпопулација природних станишта. На траси постоји више локација које су погодне за прелазење јединки са једне стране брзе саобраћајнице на другу. У ту сврху могу се користити цевasti пропусни, мостови и предео у зони тунела.

4. ЗАКЉУЧАК

Изградња и експлоатација саобраћајнице неминовно мења постојеће стање животне средине. Утицај пута на животну средину зависи од више чинилаца: типа и карактеристика саобраћајнице, као и предела – типа екосистема кроз који пут пролази.

Многи утицаји су временски ограничени и јављају се искључиво током изградње пута. Утицаји који могу имати дуготрајније негативне последице на животну средину су они који се могу јавити током експлоатације саобраћајнице. Неопходно је те утицаје детаљно анализирати и предвидети одговарајуће мере заштите.

На анализираном подручју установљено је да ће предметна деоница имати одређене утицаје на животну средину. Стога, се тој проблематици одговорно и аналитички приступило чиме су дате одговарајуће мере заштите. Мере заштите су примењене на све чиниоце екосистема: ваздух, земљиште, вода, флора и фауна чиме су утицаји пута сведени на најмањи могући ниво. Посебна пажња је посвећена флори и фауни у циљу проналажења најбољих и најодговарајућих мера заштите с обзиром на деликатност подручја (НП Фрушка гора) кроз који деоница пролази.

Литература

- [1] Forman, R. T. T. 2000. Estimate of the Area Affected Ecologically by the Road System in the United States, *Conservation Biology* 1(4): 31-35.
- [2] Spellerberg, I. F.; Morrison T. 1988. The ecological effects of new roads - a literature review, *Science for conservation*, 84: 1173–2946.
- [3] Forman, R. T. T.; Alexander, L. E. 1998. Roads and Their Major Ecological Effects, *Annual Review of Ecology and Systematics*, (29) 207-231.
- [4] Daigle, P.; 2010. A summary of the environmental impacts of roads, management responses, and research gaps: A literature review, *BC Journal of Ecosystems and Management* 10(3): 65–89.
- [5] Институт за путеве а.д. Завод за пројектовање „Траса“, 2016. Студија о процени утицаја на животну средину, Београд.

PRIMERI DOBRE PRAKSE U TOKU IZGRADNJE AUTOPUTA SA ASPEKTA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE, CASE STUDY E 75, SEKTOR JUG

Vukica Popadić Njunjić¹, Milovan Bekrić²

¹ Louis Berger d.o.o., Beograd, Bulevar Vojvode Mišića 15a, vpopadic@louisberger.com

² Koridori Srbije d.o.o. Beograd, Kralja Petra 21, m.bekric@koridorisrbije.rs

Rezime: U Republici Srbiji na Koridoru 10, Sektor Jug u periodu od 2012 - 2017. godine u izgradnji je bilo 74.30 km autoputa. Projektnom i ugovornom dokumentacijom velika pažnja je posvećena zaštiti životne sredine i uticajima na socijalno okruženje u toku izgradnje, a sve u skladu sa zakonskom regulativom Srbije i zahtevima kreditora, tj. Svetske banke.

Izgradnja autoputeva i pratećih objekata predstavlja značajnu intervenciju u prostoru, što dovodi do značajnih uticaja na sve parametre životne sredine. Ovi uticaji se mogu analizirati sa aspekta: uticaja u prostoru zbog izgradnje autoputa sa pratećim objektom i zagađenja vazduha, vode, zemljišta, emisije buke. Za sve deonice autoputa na Koridoru X urađene su Studije o proceni uticaja na životnu sredinu i dobijene saglasnosti od nadležnog ministarstva. Studija o proceni uticaja je dokument u kome se analizira i ocenjuje kvalitet činilaca životne sredine, njihova osetljivost na određenom prostoru, međusobni uticaji postojećih i planiranih aktivnosti, predviđaju neposredni i posredni štetni uticaji projekta, kao i mere i uslovi za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Međutim, bez obzira na sve pocenjene uticaje i predložene mere, u toku izgradnje dolazi do nepredvidljivih specifičnih situacija, koje za posledicu mogu imati negativan uticaj na životnu sredine, ako se na vreme ne identifikuju, sagleda njihova potencijalna opasnost i preduzmu adekvatne mere zaštite. Iz dosadašnjeg iskustva, kada se radi o uticaju izgradnje autoputeva na životnu sredinu i okolno stanovništvo, uglavnom se akcenat stavlja na negativne uticaje, dok se oni pozitivni podrazumevaju ili u najboljem slučaju samo pomenu.

Iz svega gore navedenog, u radu će biti prezentovani primeri dobre inženjerske prakse na izgradnji autoputa Koridora X, sektor Jug i implementacija mera zaštite. Primeri dobre prakse vezani za zaštitu faune, upravljanja otpadom, racionalnoj potrošnji prirodnih resursa, zaštiti površinskih voda, monitoringu parametara životne sredine u fazi izvođenja radova, kao i doslednoj primeni zakonske regulative Republike Srbije kojom se reguliše obalast zaštite životne sredine.

Ključne reči: izgradnja autoputa, procena uticaja, primeri dobre prakse, monitoring

THE EXAMPLES OF GOOD PRACTICE DURING THE CONSTRUCTION OF THE HIGHWAY FROM THE ASPECT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, CASE STUDY E 75, SECTOR SOUTH

Vukica Popadić Njunjić¹, Milovan Bekrić²

¹ Louis Berger d.o.o., Beograd, Bulevar Vojvode Misica 15a, vpopadic@louisberger.com

² Koridori Srbije d.o.o. Beograd, Kralja Petra 21, m.bekric@koridorisrbije.rs

Abstract: In the Republic of Serbia on Corridor 10, Sector South in the period from 2012 to 2017 there was 74.30 km of highway in the construction. With project and contractual documentation great attention is paid to the protection of the environment and impact on the social environment during construction, all in accordance with the Serbian legislation and the requirements of the creditor, i.e. World Bank.

The construction of highways and associated facilities represents a significant intervention in the area, which leads to specific and very significant impacts on all environmental parameters. These impacts can be analysed from the aspect of: impacts in the area due to the construction of a highway with auxiliary facilities and pollution of air, water, soil, noise emissions. For all sections of the highway on Corridor X, were prepared Environmental Impact Assessment Studies and obtained approvals from the competent Ministry. The Impact Assessment Study is a document that analyses and assesses the quality of environmental factors, their sensitivity to a given area, the interactions of existing and planned activities, anticipate direct and indirect harmful effects of the project, as well as measures and conditions for preventing, reducing and eliminating harmful impact on the environment and human health.

However, regardless of all estimated impacts and proposed measures, during construction comes to unpredictable specific situations which as a consequence, may have a negative impact on the environment, if they are not identify in time, perceive their potential danger and take adequate protection measures. From previous experience, when it comes

to the impact of highway construction on the environment and the surrounding population, the focus is mainly on negative impacts, while positive ones are implied or at best only mentioned.

From all of the above, this Study will present examples of good engineering practice on the construction of the highway Corridor X, Sector South and the implementation of protection measures. Examples of good practice related to the protection of fauna, waste management, rational consumption of natural resources, protection of surface waters, monitoring of environmental parameters in the phase of execution of works, as well as the consistent application of the legislation of the Republic of Serbia that is regulating field of environmental protection.

Key words: highway construction, impact assessment, examples of good practice, monitoring

1. UVOD

Koridor X je jedan od najvažnijih panevropskih saobraćajnih koridora koji prolazi kroz Srbiju i povezuju Austriju, Mađarsku, Sloveniju, Hrvatsku, Srbiju, Bugarsku, Makedoniju i Grčku. Izgradnja Koridora X realizuje se u skladu sa ciljevima postavljenim Strategijom razvoja železničkog, drumskog, vodnog, vazdušnog i intermodalnog transporta u Republici Srbiji 2008 - 2015. godine ("Sl. glasnik RS", br. 4/08) i Nacionalnim planom izgradnje putne i železničke infrastrukture Republike Srbije u periodu od 2008. do 2012. Izgradnja ovog infrastrukturnog koridora doprineće integraciji prostora i jačanju razvoja centara u Južnoj Srbiji (Niša, Vranja, Leskovca i većeg broja manjih gradova).

Autoput je projektovan za brzinu od 120 km/h sa dve sobračajne trake i jednom zaustavnom u oba smera. Radovi koji su se izvodili ili se još izvode su: radovi na otvorenoj trasi, mostovi i saobraćajne petlje. Ukupna dužina Koridora X, sektor Jug, Niš - granica sa Makedonijom koji je u izgradnji iznosi 74.30 km. Primeri dobre inženjerske prakse koji su prikazani u radu odnose se samo na deonice koje su finansirane od strane Svetske banke, a čiji je građevinski nadzor internacionalna kompanija Louis Berger SAS. U tabeli br. 1 dat je pregled ovih deonica autoputa sa dužinama i osnovnim podacima.

Tabela 1. Pregled deonica autoputa koje se finansiraju iz kredita Svetske Banke

IZGRADNJA KORIDORA X, AUTOPUT E-75, SEKTOR JUG							
Br.	Naziv deonice		Dužina km	Početak radova	Završetak radova	Izvođač radova	Građevinski nadzor
	Od	do					
1	Grabovnica	Grdelica	5.6	Mart, 2012	April, 2016	TERNA SAS	LOUIS BERGER SAS
2	Manajle (tunel)	Vladičin Han	6.0	Mart, 2015	u toku	JV AZVI&RUBAU	LOUIS BERGER SAS
3	Vladičin Han	Donji Neradovac	26.3	Mart, 2012	Novembar, 2015	TERNA SAS	LOUIS BERGER SAS

Louis Berger je multinacionalna i multidisciplinarna kompanija koja je rangirana među 20 najboljih. Osnovana je 1953., radi na svim kontinentima i ima stalne kancelarije u više od 50 zemalja. U Evropi je prisutna od 1960., ima više od 12 stalnih kancelarija i više od 2000 završenih projekata. U poslednjih 20 godina u Srbiji je završila 10 projekata vezanih za transport, životnu sredinu, lokalnu i državnu administraciju, gde je naručilac posla bilo Ministarstvo saobraćaja i infrastrukture, Ministarstvo poljoprivrede i životne sredine, Koridori Srbije, Železnice Srbije, Grad Beograd i dr. Vlada Republike Srbije izabrala je Louis Berger za vršenje nadzora i tehničku podršku nad izgradnjom autoputa E-75, Grabovnica - Srpska Kuća u dužini od 63.2 km. Kao i na ostalim projektima, Louis Berger u svom timu za nadzor ima stručnjake za zaštitu životne sredine, čiji je zadatak da optimizuju mogućnosti za smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu i povećaju socijalne uticaje u toku izgradnje autoputa.

Posebnu ulogu u toku izgradnje predmetnih deonica autoputa imaju Koridori Srbije d.o.o., u ulozi investitora i investitorskog nadzora. Koridori Srbije d.o.o. kao društveno odgovorna kompanija prilikom izgradnje autoputa, nedvosmisleno daju svoj doprinos u zaštiti životne sredine putem kontrole svojih aktivnosti, proizvoda ili usluga. Smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu postaje jedan od glavnih principa poslovanja Koridora Srbije d.o.o. i ugrađen je u strategiju razvoja. Zahtevi vezani za racionalnu potrošnju prirodnih resursa i smanjenje negativnih uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu su sastavni deo ugovorne dokumentacije za izvođenje radova.

2. PRIMERI DOBRE PRAKSE SA ASPEKTA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE U TOKU IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA NA IZGRADNJI AUTOPUTA

U sistemu upravljanja parametrima životne sredine u toku izvođenja građevinskih radova, definisane su aktivnosti u glavnim procesima i procesima podrške, kao i njihovi aspekti, tj. elementi aktivnosti organizacije, proizvoda i uluga koji jesu ili mogu biti u interakciji sa životnom sredinom. Ovim procesima obuhvaćene su sve aktivnosti izvođača radova, s obzirom da svojim delovanjem direktno utiču na parametre životne sredine i definisane su kroz Izvođačev Plan upravljanja životnom sredinom (SSIP - Site Specific Implementation Plan). SSIP je usklađen sa Planom upravljanja životnom sredinom (EMP - Environmental Management Plan) koji je sastavni deo Ugovorne dokumentacije.

Opšti ciljevi upravljanja zaštitom životne sredine u toku izvođenja građevinskih radova su:

- Izvođenje radova u skladu sa zakonskom regulativom Republike Srbije koja regulišu oblast zaštite životne sredine i ugovornom dokumentacijom,
- Minimizacija potrošnje prirodnih resursa gde god je to tehnički izvodljivo,
- Prevencija nastajanja otpada, posebno opasnog, a kada je otpad već nastao, njegova ponovna upotreba i reciklaža ili zbrinjavanje na prihvatljiv način po životnu sredinu ili predaja ovlašćenom operateru,
- Sprečavanje nekontrolisanih emisija zagađujućih i toksičnih materija u životnu sredinu,
- Razvoj svesti svih zaposlenih o važnosti i potrebi zaštite životne sredine,
- Primena, kada god je to moguće, novih tehnoloških rešenja i materijala, koji su prihvatljiviji za životnu sredinu.

Zbog ograničenog prostora, u radu će biti prezentovan reprezentativni deo primera dobre inženjerske prakse sa aspekta zaštite životne sredine i to uglavnom za deonicu Vladin Han - Donji Neradovac.

2.1. Zaštita faune

Izgradnja autoputeva višestruko utiče na faunu, a glavni negativni uticaji izgradnje su: direktan gubitak staništa, njihova fragmentacija i fragmentacija populacija, degradacija kvaliteta staništa, neposredno stradanje životinja i rizik ugrožavanja učesnika u saobraćaju (sudar sa velikom životinjom). Fragmentacija staništa prepoznata je kao jedan od najvažnijih uzroka smanjenja biološke raznolikosti u Evropi. Svi napred navedeni uticaji su identifikovani i procenjeni u okviru Studije o proceni uticaja na životnu sredinu projekta autoputa E 75, deonica: Caričina Dolina - Vladičin Han na koju je nadležno ministarstvo dalo saglasnost. Međutim, u fazi izvođenja radova predmetne deonice autoputa došlo je do nepredviđenih situacija koje je trebalo rešiti na adekvatan način.

Na deonici autoputa Vladičin Han - Donji Neradovac, deo trase autoputa je bio u koliziji sa trasom dalekovoda od 35 kV, odnosno trebalo je izmestiti tri betonska elektro stuba. Sve bi ovo bili rutinski poslovi, da se na jednom od stubova, visine 16.0 m nije nalazilo gnezdo Bele rode i "kolonije" Španskih vrabaca (Slika 1).



Slika 1. Betonski elektro stub na kome se nalazilo gnezdo bele rode, a koji je u osovini trase budućeg autoputa (Foto: V. Popadić).

Ukupna populacija Bele rode (*Ciconia ciconia*) je u posledjih pola veka u stalnom opadanju. Razna zagađenja, pesticidi i isušivanje močvara su ozbiljno smanjili pogodna staništa za život Bele rode. Prema Pravilniku o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva ("Sl. glasnik RS", br. 5/10 i 47/11) i zakonodavstvu EU, Bela roda i Španski vrabac (*Passer hispaniolensis*) su stogo zaštićene vrste.

Odmah po dobijanju informacija o gnezdu Bele rode na trasi autoputa, Koridori Srbije d.o.o. su se obratili Zavodu za zaštitu prirode Srbije za mišljenje i uslove, odnosno pomoć oko izmeštanja gnezda. Da sve nije bilo samo na dopisima, potvrđuje i brza reakcija Zavoda, koji je u roku od par dana odgovorio i poslao tim ornitologa na teren. Pripremljen je preliminarni akcioni plan u saradnji sa predstavnicima Louis Bergera i Arup-a (Konsultant za nadzor plana upravljanja životnom sredinom), koji je trebalo realizovati tek nakon migracije ptica. Vizuelno praćenje migratornih kretanja Bele rode bio je na dnevnom nivou (Slika 2).



Slika 2. Monitoring od strane Tima za nadzor Louis Berger-a (jul 2014.god.) (Foto: V. Popadić).

Prvi, ali na žalost neuspešan, pokušaj izmeštanje gnezda bio je sredinom novembra 2014. godine, nakon što su se sezonskom migracijom ptica stekli uslovi za to. Ideja je bila da se gnezdo pomeri na najbliži čelični elektro stub, koji je udaljen samo 30m' od starog, sa desne strane autoputa. Pored brojnih tehničkih problema, jedan o razloga je bilo i kratko vreme isključenja električne energije i kolizije sa železničkom prugom Beograd - Skoplje.

Kada je gnezdo demontirano sa starog stuba, svi su bili iznenađeni njegovom veličinom i težinom. Prečnika gnezda je bio 2.40m' (93.6 inches), visine 0.80 (31.2 inches), težine preko 200 kg i starosti oko 30 godina (po kazivanju meštana). Najbliži elektro stub nije više mogao da "prihvati" gnezdo, tako da se moralo tražiti neko drugo rešenje. Sve je ovo bio jako rizičan posao, pošto je električni kabl prolazio kroz gnezdo. Zbog težine gnezda, neophodno je bilo uraditi niz izmena vezano za novu metalnu konstrukciju koja nosi gnezdo i rešiti problem vezivanja za čelični rešetkasti stub. Na sreću Bele rode, gnezdo je uspešno premešteno 25.12. 2014.godine (Slika 3).



Slika 3. Konačno premeštanje gnezda 25.12.2014.god. (Foto: V. Popadić)

Ono što je svakako vrlo važno istaći, jeste i činjenica da su svi ovi radovi na premeštanju gnezda izvršeni volonterski i da je sve radove izvelo preduzeće ELBA d.o.o. iz Vranja. Takođe, uz dodatno angažovanje prestavnika Louis Bergera, Arupa, Zavoda za zaštitu prirode Srbije i Koridora Srbije d.o.o.

Kada su se dve Bele rode vratile u proleće 2015. godine posle zimskog utočišta u Africi, smestile su se u svoje dislocirano gnezdo i nisu bile svesne koliko je napora uloženo tokom njihovog odsustva, da im se osigura bezbedan dom (Slika 4). Španski vrapci su se takođe vratili. Gnezdo je bilo isto, kao kada su ga napustili, samo premešteno na čelični rešetkasti stub visine 23 metra, koji je 7 metra viši od prethodnog i pomeren za čak 75 m sa leve strane autoputa i železničke pruge.



Slika 4. Rode su se vratile 16 April 2015., 2016. i 2017. (Foto: V. Popadić)

Na sajtu Svetske Banke <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/06/04/serbia-storks-are-back>, 04.06.2015. objavljena je reportaža o uspešnom preseljenju gnezda i povratku roda. Takođe, Louis Berger Internacional je nominovala ovaj Projekat za IRF Global Road Achievement Awards (GRAA) za 2016. godinu (Kuala Lumpur, Malezija).

Premeštanje gnezda i povratak Belih roda je sjajan primer dobre prakse na zaštiti faune u toku izgradnje infrastrukturnih objekata u Republici Srbiji i primer kako se zajedničkim radom, bez dodatnih finansijskih sredstava, mogu uspešno rešavati određeni problemi.

2.2. Racionalna potrošnja prirodnih resursa

Racionalno korišćenje prirodnih resursa, kao i očuvanje prirodnih vrednosti i dobara u toku izgradnje autoputeva je obaveza svih učesnika u izgradnji i predstavlja doprinos ciljevima održivog razvoja. Prednost se daje materijalima sa što manjim uticajem na životnu sredinu, koji zahtevaju manju potrošnju energije kako bi proces izgradnje bio što ekonomičniji, odnosno sa što manje otpada. U toku izgradnje autoputa E - 75, deonice Vladičin Han - Donji Neradovac došlo je do određenih projektnih izmena vezano za kolovoznu konstrukciju, tako da je nedostajalo oko 300.000,00m³ šljunkovitog materijala. Građevinskom dozvolom i projektnom dokumentacijom nisu bila definisana izvorišta ovog nedostajućeg materijala.

Postupak ishodovanja dozvole za eksploataciju peska i šljunka u zoni reke Južne Morave, podrazumevao je niz aktivnosti i međusobno uslovljenih procedura, izradu projektne dokumentacije za svaku lokaciju, zakup zemljišta i pribavljanje uslova i saglasnosti po posebnim zakonima (Zakon o poljoprivrednom zemljištu, Zakon o zaštiti životne sredine, Zakon o proceni uticaja, Zakon o zaštiti prirode, Zakon o kulturnim dobrima i Zakon o vodama). Kako se svako potencijalno izvorište materijala nalazilo u zoni od 300m' od reke Južne Morave, to je izdavanje Rešenja o eksploataciji bilo u nadležnosti Republičke direkcije za vode, Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine, Republike Srbije.

Bilo je neophodno izvršiti rekognosciranje terena, izradu sondažnih jama, utvrditi vlasništvo nad zemljištem, prikupiti podatke o postojećem stanju korišćenja zemljišta, a pri tome vodeći računa o kvalitetu materijala i transportnim dužinama. Na žalost, četiri potencijalna izvorišta su eliminisana iz sledećih razloga:

neodgovarajući kvalitet materijala, sporno vlasništvo nad zemljištem, vlasnici ne žele da ustupe zemljište za eksploataciju i ležište sa spornom transportnom dužinom.

U tabeli 2. Dati su osnovni podaci o korišćenim izvorštima materijala, a Izvođač je bio u obavezi da pribavi dozvolu u skladu sa zakonskom regulativom.

Tabela 2. Osnovni podaci o izvorštima materijala na deonici autoputa Vladičin Han - Donji Neradovac

Br.	Naziv izvorišta materijala	površina /m ² /	VODNA SAGLASNOST ZA EKSPLOATACIJU, REŠENJE Br.	Količina eksploatacionog materijala /m ³ /
1	POLOM	88.675,00	337-00-166/2015-05 od 17.09.2015.	97 642,00
2	KORBEVAC I	17.309,00	325-04-1073/2014-07 od 15.05.2015.	38 886,00
3	STUBAL	13.695,00	325-04-1075/2014-07 od 14.05.2015.	30 000,00
4	KORBEVAC II	16.982,00	325-04-1074/2014-07 od 15.05.2015.	50 368,00
5	BUJKOVAC	16.080,00	325-04-235/2015-07 od 12.06.2015.	30 000,00
6	PANEVLJE	18.616,00	325-04-0558/2015-07 od 13.07.2015.	61 000,00
Ukupno:		171 357,00	Ukupno:	307 896,00

Suštinski je važno napomenuti, da su skoro sve parcele na kojima je izvršena eksploatacija peskovito-šljunkovitog materijala u katastru nepokretnosti ubeležene kao "poljoprivredno zemljište", a da je faktičko stanje uglavnom bilo drugačije. Veliki broj parcela je bio neobrađen duži vremenski period sa prisutnim jednogodišnjim i višegodišnjim korovskim zajednicama, a deo je bio oštećen poplavama. Za ishodovanje konačnog Rešenja, bilo je neophodno pribaviti sledeću dokumentaciju:

1. Zapisnik o inspekcijskom pregledu i utvrđivanja faktičkog stanja i načina korišćenja poljoprivrednog zemljišta od strane republičkog poljoprivrednog inspektora,
2. Mišljenje u postupku izdavanja vodnih uslova - JVP "Srbijavode" Beograd,
3. Rešenje o utvrđivanju uslova za preduzimanje mera tehničke zaštite - Zavod za zaštitu spomenika kulture Niš,
4. Rešenje o uslovima zaštite prirode - Zavod za zaštitu prirode Srbije,
5. Rešenje o izdavanju vodnih uslova - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,
6. Rešenje da nije potrebna Studija o priceni uticaja - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,
7. Saglasnost za promenu namene poljoprivrednog zemljišta - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Uprava za poljoprivredno zemljište - Definitivno najveći problem, bez obzira što se radi o eksploataciji od jedne godine i gde se sve vraća u prvobitno stanje, odnosno postojeći kvalitet zemljišta će biti popravljen za jednu kategoriju,
8. Mišljenje na projekat eksploatacije - JVP "Srbijavode" Beograd, VPC "Morava" Niš,
9. Kopija plana u razmeri 1: 2 500 iz katastra nepokretnosti za sve katastarske parcele - nadležne službe za katastre nepokretnosti (Vranje, Vladičin Han),
10. Prepis lista nepokretnosti za sve katastarske parcele,
11. Ugovor o zakupu poljoprivrednog zemljišta sa zakonskim vlasnicima, overen u nadležnom Sudu,
12. Popunjen Obrazac O-3.

Od projektne dokumentacije bilo je neophodno izraditi:

1. Projekat eksploatacije peskovito-šljunkovitog materijala na koji je dobijena saglasnost, odnosno mišljenje JVP "Srbijavode", Beograd,
2. Projekat rekultivacije za vraćanje zemljišta u prvobitno stanje,
3. Zahtev o potrebi izrade Studije o proceni uticaja.

Tek nakon pribavljanja svih gore navedenih mišljenja, uslova, rešenja i izrade projektne dokumentacije, Izvođač radova je ishodovao konačno Rešenje o izdavanju vodne saglasnosti za eksploataciju peskovito-šljunkovitog materijala na definisanom prostoru od Republičke direkcije za vode, Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine.

Izvođač radova je u skladu sa zakonskom regulativom redovno vršio uplatu za naknade u oblasti zaštite voda, odnosno nadoknadu za svaki kubik eksploatacionog peska i šljunka. Takođe, važno je konstatovati, da izvođač radova ni na jednom izvorštu materijala, nije iza sebe ostavio veštaška brda ili "mesečevu

površinu”, već je sva izvorišta vratio vlasnicima rekultivisana u skladu sa projektom. Prirodni izgled pejzaža nije narušen ni na jednom izvorištu materijala (Slike 5 i 6).



Slika 5. Izvorište materijala "Panevlje", situacija u toku i posle završene eksploatacije (Foto: V. Popadić)



Slika 6. Izvorište materijala "Polom", situacija u toku i posle završene eksploatacije (Foto: V. Popadić)



2.3. Upravljanje otpadom

Situacija vezana za upravljanje otpadom u toku izgradnje autoputa deonice Vladičin Han - Donji Neradovac, je generalno bila u skladu sa zahtevima datim u EMP i zakonodavstvu Republike Srbije. Međutim, bilo je dosta odstupanja na dnevnom nivou, posebno vezano za upravljanje opasnim otpadom i korektivnim merama za saniranje akcidentnih situacija. Svakako, najveći problem je bio vezan za kontrolu na dnevnom nivou, posebno za betonski otpad nastao pranjem miksera (Slike 7 i 8).



Slika 7. Privremeno zbrinjavanje opasnog otpada (Foto: V. Popadić)



Slika 8. Jama za ispiranje miksera (Foto: V. Popadić)

U tabelama koje slede dat je pregled ukupne količine generisanog otpada u period izgradnje (2013 - 2016).

Tabela 3. Količina generisanog opasnog otpada u periodu 2013-2016, koji je bezbedno zbrinut od strane ovlašćenih operatera

Br.	Naziv opasnog otpada iz kataloga otpada	Indeksni broj	Ukupna količina (tona)
1	Mineralna nehlorovana motorna ulja, ulja za menjače i podmazivanje	13 02 05*	11.82
2	Apsorbenti, filterski material/filteri za ulje	15 02 02* /16 01 07*	4.52
3	Zauljena voda iz separatora ulje/voda	13 05 07*	53.64
4	Olovne akumulatorske baterije	16 06 01*	0.62
5	Ambalaža kontaminirana opasnim supstancama	15 01 10*	24.38
6	Zemlja i kamen koji sadrže opasne supstance	17 05 03*	13.68
7	Ostale emulzije	13 08 02*	3.76
Ukupna količina različitih vrsta opasnih otpada:			112.42

Izvođač izvršio karakterizaciju za sve vrste opasnog otpada od strane ovlašćene laboratorije, i za svaku vrstu opasnog/neopasnog otpada poseduje validan Dokument o kretanju opasnog/neopasnog otpada u skladu sa zakonskom regulativom Republike Srbije koja uređuje ovu oblast.

Tabela 4. Ukupna količina neopasnog otpada koji je predat na dalje zbrinjavanje ovlašćenom operateru - JKP"KOMRAD", Vranje

No.	Naziv neopasnog otpada iz kataloga otpada	Indeksni broj otpada	Odgovorni operater za sakupljanje, transport i tretman građevinskog otpada	Godina	Ukupna količina otpada (tona)
1	Građevinski otpad (višak zemljanog materijala iz iskopa)	17 05 06	JKP"Komrad" - zvanična grdska deponija "Gložje" i "Zlatokop"	2013	306 567,80
2	Građevinski otpad (otpadni asfalt + beton) *	17 03 02/ 17 01 01	JKP"Komrad" - Zvanična gradska deponija "Gložje"	2014	81 548,54
3	Građevinski otpad (otpadni asfalt + beton) *	17 03 02/ 17 01 01	JKP"Komrad" - Zvanična gradska deponija "Gložje"	2015	20 903,30
4	Građevinski otpad (otpadni filer) **	10 13 06 /17 09 04	JKP"Komrad" - Zvanična gradska deponija "Gložje"	2015	1 161,80
5	Komunalni otpad	20 03 01	JKP"Komrad", sanitarna deponija "Meteris"	2013/2016	950,0 m ³

* Na žalost, i pored izuzetne posvećenosti i angažovanja svih učesnika u izgradnji (Izvođač radova, Koridori Srbije i Louis Berger), da se građevinski otpad (otpadni asfalt + beton) reciklira i ponovo upotrebi, ovaj trud nije dao nikakav rezultat. Lokalna samouprava Grada Vranja nije pokazala nikakv interes za reciklažu i ponovnu upotrebu asfalta i betona koji je nastao od rušenja postojeće kolovozne konstrukcije i betonskih mostova.

** Takođe, otpadni filer nije ponovo upotrebljen za popravku kvaliteta okolnog poljoprivrednog zemljišta (kalcifikacija), iako je Izvođač uz pomoć Nadzora izvršio sva potrebna ispitivanja i obezbedio odgovarajuću dokumentaciju sa preporukom Insitituta za zemljište Srbije. Lokalna samouprava Grada Vranja nije bila zainteresovana za korišćenje ovog materijala.

Za sve otpadne materijale date u tabeli 4. Izvođač je platio nadoknadu za bezbedno zbrinjavanje JKP"Komrad" Vranje, koje poseduje validne dozvole za upravljanje građevinskim i komunalnim otpadom.

Primere dobre prakse za ponovnu upotrebu otpadnog asfalta dale su lokalne samouprave Vladičinog Hana i Leskovca (Slika 8). Ukupna količina otpadnog asfalta koji je nastao na teritoriji opštine Vladičin Han je recikliran (samleven) i ponovo upotrebljen za popravku lokalnih puteva. Ukupna količina otpadnog asfalta koji je ponovo upotrebljen na teritoriji opštine Vladičin Han je 1.040,00m³.

Takođe, opština Leskovac je pokazala veliku zainteresovanost i preuzela otpadni asfalt, reciklirala (samlela) i ponovo upotrebila za izradu kolovoznog zastora lokalnih puteva. Izvođač nije platio nadoknadu za odlaganje otpadnog asfalta ovlašćenom opetareru, tako da se došlo do situacije u kojoj svi učesnici dobijaju ("win-win"). Ukupna količina ponovno upotrebljenog asfalta je 9.700,00m³. Svakako, najveći benefit je za životnu sredinu.



Slika 8. Primer dobre prakse reciklaže i ponovne upotrebe otpadnog asfalta na deonici Grabovnica - Grdelica (Foto: V. Popadić)

U skladu sa dobrom praksom, edukacija i razvoj svesti svih učesnika u izgradnji o važnosti i potrebi zaštite životne sredine i održivog razvoja je od suštinske važnosti. Na izgradnji predmetnog autoputa E - 75 primenjena su iskustva Luis Bergera u razvoju ekoloških projekata u svetu, što se i u ovom slučaju pokazalo pozitivno. Član Tima Louis Bergera za životnu sredinu održao je četiri treninga za radnike Izvođača radova, vezano za: upravljanje opasnim otpadima, negativne uticaje i zagađenje zemljišta i voda od ispiranja miksera na goloj zemlji, značaj selekcije otpada i benifiti od ponovne upotrebe i zaštita površinskih vodotokova u toku izgradnje. Takođe, izrada flajera dobre i loše prakse se pokazala kao jako dobro sredstvo za podizanje nivoa svesti zaposlenih u zaštiti životne sredine u zoni radova.

2.4. Deponije viška zemljanog materijala iz iskopa sa deonice Manajle (tunel) - Vladičin Han

Zauzimanje zemljišta u toku izgradnje infrastrukturnih projekata predstavlja glavni uzrok promene načina korišćenja. Ekološko i sociološko vrednovanje uticaja projekata u domenu voda i poljoprivrednog zemljišta, kao i različiti ciljevi i zahtevi zainteresovanih strana i korisnika voda i zemljišta, nameću neophodnost holističkog pristupa ovom problemu.

Da nije moguće predvideti sve negativne uticaje i minimizirati ih, potvrđuje i primer odlaganja viška zemljanog materijala iz iskopa autoputa u degradirano zemljište u zoni reke Južne Morave. Na sreću, ovo je primer dobre inženjerske prakse i pozitivnih uticaja izgradnje na lokalnu zajednicu i životnu sredinu.

Projektnom dokumentacijom nisu definisane lokacije deponija, odnosno odlagališta viška zemljanog materijala za predmetnu deonicu, iako višak od skoro 1.000.000,00m³ nije beznačajan. Takođe, važno je napomenuti da zakonska regulative Republike Srbije nije potpuna i dovoljno precizna, tako da problem deponovanja velikih količina zemljanog materijala koje nastaju u toku izgradnje infrastrukturnih objekata, nije definisan podzakonskim aktima. Sve ovo je dodatni problem za Investitora u procesu pronalazjenja adekvatnih i prihvatljivih lokacija.

Poplavama koje su se desile u maju 2014 godine, bilo je izloženo i korito reke Južne Morave uzvodno od Vladičinog Hana. Obale su građene od nanosa i podložne eroziji, tako da dolazi do meandriranja i pomeranja korita reke Južne Morave. Na žalost, novo korito se formira u najplodnijim oranicama odnoseći fertilni sloj, a na drugoj strani ostaju "mrtvaje" – odnosno, napuštena stara rečna korita. Reka Južna Morava na svom toku na delu katastarskih opština Vrbovo i Stubal, u mestu zvanom Šaban, svojim tokom i erozivnim delovanjem ugrozila je desnu obalu u dužini od oko 450m, a nizvodno u nastavku levu obalu u dužini od 200m (Slika 9).

Zajedničkim angažovanjem svih zainteresovanih strana, a pre svega Koridora Srbije d.o.o. i lokalne zajednice Vladičin Han, došlo se do dobrih rešenja i lokacija, koje ne samo da neće imati negativan uticaj na lokalno stanovništvo i životnu sredinu, već naprotiv, imaće vrlo značajan pozitivan uticaj. Zapravo, radi se o

zajedničkoj akciji na saniranju i rekultivaciji degradiranih površina poljoprivrednog zemljišta, koje su nastale kao posledica poplava u zoni reke Južne Morave (Slika 10).



Slika 9. Uništeno poljoprivredno zemljište - desna obala reke Južne Morave u mestu "Šaban"
(Foto: V. Popadić)



Slika 10. Radovi na sanaciji degradiranog poljoprivrednog zemljišta zoni reke Južne Morave
(Foto: V. Popadić)

U toku sanacije degradiranog zemljišta u zoni reke Južne Morave, bilo je neophodno izvršiti dodatni iskop i odvoz poplavnih nanosa, koji se sastoje od peska i šljunka. Ovaj iskopani materijal je iskorišćen za izgradnju autoputa, a sve u skladu sa vodnim uslovima. Ovo je takođe primer održive eksploatacije rečnih nanosa, a sve u skladu sa odredbama člana 155 Zakona o vodama ("Sl. glasnik RS", br. 30/10 i 93/12).

Odlagališta viška zemljanog materijala najčešće imaju negativne uticaje na pejzaž i na staništa, ali realizacija projekta sanacije degradiranog poljoprivrednog zemljišta oštećenog od poplavnog talasa reke Južne Morave i deponovanje/odlaganje viška zemljanog materijala sa deonice autoputa E 75, Manajle (tunel) - Vladičin Han je u skladu sa dobrom inženjerskom praksom i značaja pomoć i doprinos lokalnoj zajednici (Slika 11 i 12).



Slika 11. Degradirano poljoprivredno zemljište u zoni reke Južne Morave pre sanacije (Foto: V. Popadić)



Slika 12. Sanacija degradiranog zemljišta u zoni reke Južne Morave, viškom zemljanog materijala iz iskopa sa deonice Manajle (tunel) - Vladičin Han

Sanacija i uređenje zemljišta nije samo interes i obaveza njihovih vlasnika ili korisnika, već je zapravo državni interes i predstavlja opredeljenost da se zemljište stavi u funkciju intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Realizacijom ovog projekta unapređeno je stanje životne sredine na lokaciji, a ono se ogleda u:

- saniranju degradiranih površina,
- unapređenju biodiverziteta, odnosno zaštiti staništa,
- povećanju i poboljšanju kvaliteta poljoprivrednih površina,
- razvoju i planiranju poljoprivredne proizvodnje u skladu sa principima održivog razvoja,
- doprinosu zaštiti kvaliteta vode reke Južne Morave,
- doprinosu zaštiti pejzaža.

3. MONITORING ŽIVOTNE SREDINE U TOKU IZGRADNJE AUTOPUTA

U skladu sa zahtevima datim u poglavlju 9. Studije o proceni uticaja na životnu sredinu i planom Monitoringa u EMP-u (Environmental Management Plan), vršeno je praćenje parametara životne sredine koji mogu biti izmenjeni izvođenjem radova na autoputu, deonice Vladičin Han - Donji Neradovac.

Merenje parametara životne sredine (vazduh, voda, zemljište i buka) za vreme izvođenja građevinskih radova izvršeno je od strane nezavisne i akreditovane laboratorije "Anahem" d.o.o, Beograd. Pre početka radova, u junu 2012., izvršeno je "nulto merenje" parametara životne sredine i to:

- kvaliteta zemljišta, jedno merno mesto,
- kvaliteta vazduha, dva merna mesta,
- niva buke, pet mernih mesta,
- kvaliteta površinskih voda, jedno merno mesto.

Sve izmerene vrednosti su bile ispod GVE (Granične Vrednosti Emisije), osim za površinsku vodu gde su zabeležena prekoračenja dozvoljenih vrednosti za suspendovane materije, $KMnO_4$, BPK_5 , Amonijum jon NH_4^+ , HPK i nitrite. U tabeli 7. dat je plan monitoringa, broj mernih mesta i učestalost merenja u toku izvođenja građevinskih radova.

Tabela 7. Monitoring parametara životne sredine na deonici Vladičin Han - Donji Neradovac

	Parametar koji se prati	Učestalost merenja	Broj mernih mesta	Ukupno merenja	Broj merenja iznad GVE
1	BUKA	mesečno	pet	200	13 merenja - nivo buke veći od 65 dB(A)
2	ZEMLJIŠTE	kvartalno	jedno - kompozitni uzorak	13	svi izmereni parametri su ispod GVE
3	POVRŠINSKE VODE	kvartalno	jedno - Južna Morva	14	kvalitet vode Južne Morave je ispod IIb klase
4	VAZDUH	dva puta tokom izvođenja radova	tri	6	svi izmereni parametri ispod GVE

Rezultati monitoringa parametara životne sredine, analizirani su na mesečnom nivou tokom izvođenja građevinskih radova, praćeni su potencijalno negativni uticaji radova i adekvatno implementirane korektivne

mere. Na sreću, nije bilo registrovanih prekoračenja GVE, bilo kog parametra životne sredine, koja bi bila posledica izvođenja građevinskih radova na autoputu. Svakodnevna vizuelna inspekcija gradilišta, od strane nadzornog organa (Louis Berger) i Izvođača radova, dala je pozitivan rezultat u cilju minimiziranja negativnih uticaja na životnu sredinu u toku izvođenja građevinskih radova.

Rezultati ispitivanja kvaliteta vode reke Južne Morave, pokazali su da su koncentracije zagađujućih materija generalno ispod maksimalno dozvoljenih, osim za $KMnO_4$, HPK & BPK_5 , suspendovane materije, ponekad nitrate i nitrite za II klasu vode, definisanu Uredbom o graničnim vrednostima za zagađenje površinskih i podzemnih voda i sedimenta, kao i rokovima za njihovo dostizanje ("Sl. Glasnik RS", br. 50/2012). Kvalitet vode reke Južne Morave nije u skladu sa zahtevima za klasifikaciju voda (II b klasa), a izvođenje građevinskih radova na autoputu nije negativno uticalo na trenutni kvalitet vode.

Zahtevi definisani u Studiji o proceni uticaja na životnu sredinu, Planom upravljanja životnom sredinom - EMP i Operativnom politikom - OP Svetske banke, implementirani su u svim fazama izvođenja građevinskih radova na autoputu, putem praćenja kvaliteta vazduha, vode, zemljišta i nivoa buke u zoni uticaja izgradnje autoputa.

Rezultati monitoringa životne sredine u toku trogodišnjeg perioda izvođenja građevinskih radova na autoputu, od 2012. do 2015. godine (nivo buke, kvalitet ambijentalnog vazduha, kvalitet površinskih voda i kvalitet zemljišta), dali su pozitivne smernice za nastavak monitoringa tokom eksploatacije autoputa. Prezentovani rezultati monitoringa su dobra osnova za dugoročne procene ukupnih promena užeg i šireg prostora oko autoputa, čime će se omogućiti korišćenje prirodnih bogatstava i budućim generacijama.

4. ZAKLJUČAK

Zbog ograničenosti prostora, u radu je prikazan mali broj primera dobre inženjerske prakse u toku izgradnje Koridora X, autoputa E – 75, deonica koje su finansirane od strane Svetske banke, a gde je građevinski nadzor kompanija Louis Berger SAS, na zaštiti životne sredine.

U rešavanje nasleđenih i tekućih problema vezanih za zaštitu i unapređenje životne sredine, svi učesnici u izgradnji moraju dati svoj doprinos kako bi se minimizirali negativni uticaji u fazi izgradnje infrastrukturnih koridora, a pre svega racionalno i održivo upravljanje prirodnim resursima i uključivanje zainteresovane javnosti u procese donošenja odluka. Preporuka autora upravljaču putevima je da od prikupljenih pozitivnih iskustava prakse zaštite životne sredine svih učesnika na izgradnji novih putnih pravaca kroz Republiku Srbiju, izradi Uputstvo koje će buduće izvođače građevinskih radova i nadzorne organe poštediti lutanja u sprovođenju principa i mera na zaštiti životne sredine.

Činjenično je stanje da izgradnja autoputeva značajno utiče na okruženje i da se ti uticaji ne mogu potpuno eliminisati, posebno kod akcidentnih situacija. Efikasnim merama zaštite, pojedini uticaji se mogu eliminisati, a pojedini minimizirati. Takođe, izgrađeni autoputevi imaju trajan uticaj sa usporenim delovanjem na pojedine parametre životne sredine, a povremeni izraženi negativni uticaji su prouzrokovani akcidentnim zagađenjima ili uticajima više sile (klizišta, zemljotresi, vremenske nepogode). Na korisnicima izgrađenog autoputa je dalji rad vezan za monitoring i praćenje uticaja u toku eksploatacije.

Literatura

- [1] Studije o proceni uticaja na životnu sredinu projekta autoputa E 75, deonica: Caričina Dolina - Vladičin Han od km 885 + 771.58 do km 900 + 100.00, Institut za puteve a.d., Beograd 2009.
- [2] Studije o proceni uticaja na životnu sredinu projekta autoputa E 75, deonica: Vladičin Han - Donji Neradovac od km 900 + 100.00 do km 926 + 358.18, Institut za puteve a.d., Beograd 2007.
- [3] Ugovorna dokumentacija
- [4] Dokumentacija Nadzora u toku izvođenja radova - Louis Berger
- [5] <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/06/04/serbia-storks-are-back>, (04.06.2015)

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.17:625.7/.8(082)(0.034.2)

502.17:656.1(082)(0.034.2)

625.7:551.583(082)(0.034.2)

НАУЧНО-стручни скуп "Пут и животна средина" (5 ; 2017 ; Вршац)

Зборник радова [Електронски извор] = Proceedings / [Пети научно-стручни скуп] "Пут и животна средина", Вршац, 28-29 септембар 2017. = [The 5th Scientific-Expert Meeting] "Roads and Environment", Vrsac, Serbia, September 28-29, 2017. ; [организатори Српско друштво за путеве Via Vita [и] Институт за путеве Београд [и] Грађевински факултет Универзитета у Београду ; уредници Горан Младеновић, Драженко Главић]. - Београд : Српско друштво за путеве Via Vita, 2017 (Београд : ДЦ Графички центар). - 1 електронски оптички диск (CD-ROM) ; 12 cm

Системски захтеви: Нису наведени. - Тираж 120. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-86-88541-08-4

а) Путеви - Животна средина - Зборници б) Друмски саобраћај - Животна средина - Зборници с) Путеви - Климатски утицај - Зборници

COBISS.SR-ID 245618444