

# TESI



Univerzitet u Beogradu  
Saobraćajni fakultet

MODUL ZA SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO

*Zbornik radova*

*XII konferencije sa međunarodnim učešćem o*

# TEhnikama Saobraćajnog inženjerstva

*18-19. oktobar 2018.  
Hotel Fontana, Vrnjačka Banja,  
Srbija*

KONFERENCIJA SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM



XII konferencija o Tehnikama Saobraćajnog Inženjerstva

# ZBORNİK RADOVA

**ORGANIZATOR:**

**UNIVERZITET U BEOGRADU**

**SAOBRAĆAJNI FAKULTET**

*Modul za saobraćajno inženjerstvo*

**UZ PODRŠKU:**

**Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja  
Ministarstva građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture**

VRNJAČKA BANJA, 18 - 19. OKTOBAR 2018.

**ZORNIK RADOVA XII KONFERENCIJA O TEHNIKAMA SAOBRAĆAJNOG INŽENJERSTVA**

<b>EDITOR:</b>	dr Nikola Čelar
<b>ZA IZDAVAČA:</b>	dekan, dr Nebojša Bojović
<b>GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK:</b>	dr Marijana Petrović
<b>IZDAVAČ:</b>	Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, telefon: 3976 - 017 fax: 3096 - 704 <a href="http://www.sf.bg.ac.rs">http://www.sf.bg.ac.rs</a>
<b>PRIPREMA:</b>	Anica Kocić
<b>ŠTAMPA:</b>	Pekograf d.o.o. 11080 Zemun, Vojni put 258/d telefon/fax: 3149 - 166 e-mail: <a href="mailto:pekograf@sbb.rs">pekograf@sbb.rs</a> <a href="http://www.pekograf.com">http://www.pekograf.com</a>
<b>TIRAŽ:</b>	200
ISBN 978-86-7395-392-2	
<b>GODINA IZDAVANJA:</b>	<b>2018.</b>

## **PRESEDAVAJUĆI SAVETOVANJA**

Doc. dr Nikola Čelar, dis

## **REDAKCIONI I PROGRAMSKI ODBOR**

Doc. dr Nikola Čelar, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija, Predsednik

Doc. dr Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Doc. dr Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Doc. dr Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Doc. dr Ana Trpković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Doc. dr Marijo Vidas, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Prof. dr Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Doc. dr Jelena Simićević, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Prof. dr Valentina Basarić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Doc. dr Marko Subotić, Saobraćajni fakultet Doboj, Bosna i Hercegovina

Doc. dr Luka Novačko, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

Doc. dr Daniela Koltovska Necoska, Tehnički fakultet Bitola, Makedonija

Doc. dr Mirza Pozder, Građevinski fakultet Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Mr. Beno Mesarec, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženjerstvo in arhitekturo, Maribor, Slovenija

## **ORGANIZACIONI ODBOR**

Doc. dr Vladimir Đorić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija, Predsednik

Doc. dr Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Stamenka Stanković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Jelena Kajalić, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Marina Milenković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Nemanja Stepanović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Mr Vladimir Čuljković, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija

Sreten Jevremović, Saobraćajni fakultet Beograd, Srbija





# SADRŽAJ

## UVODNA IZLAGANJA

<b>IZMENE PROPISA U OBLASTI SAOBRAĆAJA</b>	15
<i>Jelena Krtenić, Ana Trpković, Nikola Čelar, Jelena Milić Lalović</i>	
<b>IZAZOVI U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA</b>	23
<i>Irena Popović, Prof. dr Vladan Tubić</i>	

## GRUPA A

### REGULISANJE I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

<b>REŽIM BRZINA NA ULIČNOJ MREŽI</b>	35
<i>Doc. dr Nikola Čelar, Jelena Kajalić, Stamenka Stanković</i>	
<b>PRIMJENA PTV EPICSA PRI DODJELI PRIORITETA JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU NA RASKRIŽJIMA</b>	41
<i>Doc. dr sc. Luka Novačko, Luka Dedić, Karlo Babojelić</i>	
<b>KALIBRACIJA VISSIM-A ZA NEZAŠTIĆENO LEVO SKRETANJE NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA U BEOGRADU</b>	49
<i>Anica Kocić, Nikola Čelar, Stamenka Stanković</i>	
<b>PRIKAZ SISTEMA AUTOMATSKOG BROJANJA SAOBRAĆAJA NA ULIČNOJ MREŽI GRADA BEOGRADA</b>	55
<i>Dejan Veličković, Milena Petković</i>	
<b>KRITERIJUMI ZA IZBOR RASKRSNICA I NJIHOVO PREOBLIKOVANJE U KRUŽNE</b>	61
<i>Snežana Dimitrijević, Aleksandar Trifunović, Mladen Nedeljkov, Goran Zimonjić</i>	
<b>NIVO USLUGE NA KORIDORU – PRIMER ULICE VOJVODE STEPE</b>	69
<i>Miloš Mladenović, Nikola Čelar, Stamenka Stanković, Jelena Kajalić</i>	
<b>ANALIZA UTICAJA ZAGUŠENJA NA NIVO BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA</b>	75
<i>Miloš Malbaša, Stefan Stojanović, Dragana Božić</i>	

## GRUPA B

### SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE

#### SAVREMENI TRENDОВI, PROJEKTANTSKA ISKUSTVA I ZAKONSKA REGULATIVA

<b>NOVE IDEJE I POTENCIJALI OPREME I INFO-SISTEMA NA ULICAMA I PUTEVIMA</b> <i>Dr Branimir Stanić, Dr Ana Trpković</i>	87
<b>SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE U FUNKCIJI REDIZAJNIRANJA SAVREMENIH GRADOVA - STUDIJA SLUČAJA JAPAN</b> <i>Sreten Jevremović, Dr Ana Trpković, Dr Branimir Stanić</i>	95
<b>KONTINUITET U OTVORENOM JAVNOM PROSTORU GRADA: PRIMER IDEJNOG REŠENJA SA KONKURSA ZA TRI CENTRALNA TRGA U BEOGRADU (TRG NIKOLE PAŠIĆA, TRG TERAZIJE I TRG REPUBLIKE)</b> <i>Milena Kordić, Svetlana Batarilo, Ranka Gajić, Ana Trpković</i>	102
<b>METODOLOGIJA PROVERE ISPUNJENOSTI STANDARDA I KRITERIJUMA PRISTUPAČNOSTI U SAOBRAĆAJU U FUNKCIJI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI</b> <i>Mr Miodrag Počuć, Goran Kalamanda, Igor Vukobratović, Milana Antelj, Jovana Ivančević</i>	109
<b>PREDLOG TEHNIČKIH MERA ZA RAZVOJ BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA U BEOGRADU</b> <i>Slađana Marković, Maja Dimitrijević, Nevena Stević, Ognjen Petar Todorović</i>	115
<b>SAOBRAĆAJNO-TEHNIČKO UREĐENJE PUTNO-PRUŽNIH PRELAZA</b> <i>Marijana Pantić, Dejan Ivanović, Biljana Ranković Plazinić, Milutin Đenadić, Aleksandar Salević</i>	121
<b>STANDARDIZACIJA, PROJEKTOVANJE I UPOTREBA GRAFIČKIH SIMBOLA U SAOBRAĆAJNOM INŽENJERSTVU</b> <i>Ana Trpković, Ivana Subotić, Petar Reković, Igor Vukobratović, Naser Mostafa</i>	128

## GRUPA C

### TEORIJA TOKA, KAPACITET PUTEVA I VREDNOVANJE

<b>POPREČNI PROFIL PUTA U FUNKCIJI SAOBRAĆAJNIH ZAHTEVA</b> <i>Vladan Tubić, Nemanja Stepanović</i>	139
--	-----

<b>UPRAVLJANJE PRISTUPIMA I KLASIFIKACIJA PRISTUPA PREMA SAOBRAĆAJNIM ZAHTEVIMA</b>	148
<i>Doc. dr Marijo Vidas</i>	
<b>ISTRAŽIVANJE UTICAJA AUTOBUSA NA PROPUSNU SPOSOBNOST DVOTRAČNIH PUTEVA REPUBLIKE SRPSKE</b>	154
<i>Marko Subotić, Vladan Tubić, Draženko Glavić</i>	
<b>MERODAVNI SAOBRAĆAJNI PROTOCI U POSTUPCIMA KREIRANJA PROJEKTNIH REŠENJA NA GRADSKOJ MREŽI</b>	161
<i>Miloš Petković, Prof. dr Vladan Tubić, Ass. Nemanja Stepanović</i>	
<b>ANALIZA BRZINA NA DVOTRAČNIM PUTEVIMA U REPUBLICI SRBIJI</b>	167
<i>Vesna Mešterović, Prof. dr Vladan Tubić, Nemanja Stepanović</i>	
<b>UPOREDNA ANALIZA PROGNOZIRANIH I DOSTIGNUTIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA NA POTEZU DRŽAVNOG PUTA IB-23 OD POJATA DO PRELJINE</b>	177
<i>Miroslav Jovanović</i>	
<b>VOŽNJA U SLEĐENJU KAO POKAZATELJ PERFORMANSI DVOTRAČNIH PUTEVA</b>	185
<i>Radivoje Trifunović</i>	
<b>UTICAJ PRISTUPA NA BRZINU I VREME PUTOVANJA U SAOBRAĆAJNOM TOKU PRI PROLAZU PUTA KROZ NASELJENO MESTO</b>	192
<i>Stefan Despotović</i>	
<b>ANALIZA REALNIH I PREKORAČENIH BRZINA NA DRŽAVNOM PUTU IB - 22 KRALJEVO - RAŠKA</b>	199
<i>Vuk Topalović, Miloš Balović, Marko Stojanović</i>	

## GRUPA D

### PLANIRANJE SAOBRAĆAJA I UTICAJ SAOBRAĆAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

<b>ODRŽIVA MOBILNOST SRPSKIH GRADOVA KROZ PRINCIP HUMANOG INŽENJERINGA</b>	209
<i>Ana Vujičić, Valentina Basarić, Jelena Mitrović Simić, Milica Miličić</i>	
<b>PLAN ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI GRADA KRUŠEVCA- ISKUSTVA U IZRADI</b>	216
<i>Jelena Nikolić, Predrag Arsić</i>	

<b>SUMP (POUM) - METOLOGIJA I PRIMER BEOGRADA (I FAZA)</b>	220
<i>Zoran Rubinjoni, Milica Minić, Snežana Dimitrijević, Goran Zimonjić</i>	
<b>TEMATSKIE RADIONICE KAO ZNAČAJAN IZVOR PODATAKA U PLANOVIMA ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI</b>	226
<i>Vladimir Đorić, Nenad Branković</i>	
<b>PLANIRANJE ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI – SIMBIOSITI METODOLOGIJA</b>	232
<i>Nevena Marković, Marija Mihajlović</i>	
<b>PTV SOFTVERI U PLANIRANJU I PROJEKTOVANJU</b>	238
<i>Goran Zimonjić, Snežana Dimitrijević, Zoran Rubinjoni</i>	
<b>PROCENA UTICAJA SAOBRAĆAJNOG MASTER PLANA BEOGRADA NA EMISIJU ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA I BUKE</b>	246
<i>Vladimir Đorić, Ivan Ivanović, Dragana Petrović, Jadranka Jović</i>	
<b>UTICAJ BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE NA LOKACIJI URGENTNOG CENTRA U BEOGRADU</b>	253
<i>Marijana Mošić, Nataša Vidović</i>	
<b>IDENTIFIKACIJA MJERA ZA PRILAGOĐAVANJE RIZICIMA KLIMATSKIH PROMJENA NA LOGISTIČKE MREŽE BOSNE I HERCEGOVINE</b>	258
<i>Abidin Deljanin, Mirza Berković, Ermin Muharemović</i>	

## GRUPA E

### EKSPLOATACIJA I UPRAVLJANJE PUTEVIMA

<b>EKONOMSKO VREDNOVANJE “GREEN MOBILITY” PROJEKATA -BICKLISTIČKA INFRASTRUKTURA</b>	271
<i>Draženko Glavić, Marina Milenković, Miloš Pavlović</i>	
<b>ISPLATIVOST UPOTREBE SLUŽBENIH VOZILA NA ELEKTRO POGON U JAVNIM PREDUZEĆIMA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU</b>	276
<i>Aleksandar Radosavljević, Petar Đapić, Igor Kovačević</i>	
<b>PRIMENA METODE VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ZA VREDNOVANJE VARIJANTNIH REŠENJA – PRIMER TUNELA U BEOGRADU</b>	285
<i>Mladen Nedeljkov, Kristina Jeftić, Aleksandar Trifunović, Milica Gajić</i>	

<b>UPOTREBA PUTNOG METEOROLOŠKOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA UNAPREĐENJE ZIMSKOG ODRŽAVANJA MREŽE DRŽAVNIH PUTEVA REPUBLIKE SRBIJE</b>	292
<i>Zoran Borojević</i>	

<b>UTICAJ HRPAVOSTI PUTA NA TROŠKOVE EKSPLOATACIJE</b>	303
<i>Katarina Tadić, Olivera Damnjanović</i>	

## GRUPA F

### UPRAVLJANJE PARKIRANJEM

<b>STANJE PARKIRANJA U GRADOVIMA I NASELJENIM MESTIMA U REPUBLICI SRBIJI</b>	315
<i>Jelena Simičević</i>	

<b>UTICAJ VARIJABILNE CENE PARKIRANJA NA VREMENSKU RASPODELU ZAHTEVA ZA PARKIRANJE U JAVNIM PARKING GARAŽAMA</b>	321
<i>Vladimir Čuljković</i>	

<b>MERE ZA POBOLJŠANJE NAPLATE DNEVNIH KARATA – STUDIJA SLUČAJA</b>	328
<i>Marjana Radosavljević, Dušan Radosavljević</i>	

<b>PARK-AND-RIDE POLITIKA: MERA UPRAVLJANJA PARKIRANJEM U LOKALNOJ SAMOUPRAVI</b>	335
<i>Vladimir Molan</i>	

<b>INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI U FUNKCIJI KVALITETNIJEG PARKIRANJA</b>	341
<i>Klaudija Kuliš, Emir Deljanin, Ermin Muharemović</i>	

<b>POLITIKA PARKIRANJA KAO INSTRUMENT ZA SMANJENJE ŠTETNIH EMISIJA PUTNIČKIH AUTOMOBILA</b>	347
<i>Vladimir Momčilović, Jelena Simičević</i>	

## GRUPA G

### ITS I NOVE TEHNOLOGIJE U SAOBRAĆAJNOJ SIGNALIZACIJI I OPREMI

<b>ITS U UPRAVLJANJU SAOBRAĆAJEM NA GRADSKIM KORIDORIMA</b>	357
<i>Stamenka Stanković, Nikola Čelar, Jelena Kajalić, Miloš Mladenović</i>	

<p><b>PREDNOSTI PRIMENE NOVIH TEHNOLOGIJA U OBLASTI SEMAFORIZACIJE RASKRSNICA</b>  <i>Biljana Ranković Plazinić, Milutin Đjenadić, Dejan Ivanović, Marijana Pantić, Aleksandar Salević, Božidar Vlačić</i></p>	363
<p><b>UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA SA PRIMENOM NOVIH STANDARDA ZA SAOBRAĆAJANU SIGNALIZACIJU I OPREMU NA DRŽAVNOM PUTU A2, DEONICA SKOPLJE – TETOVO – GOSTIVAR, R. MAKEDONIJA</b>  <i>Olivera Petrovska, Jovan Hristoski, Andon Petrovski, Darko Spasenovski, Mile Biljanovski</i></p>	370
<p><b>ISKUSTVA U PRIMENI PLASTIČNOG MATERIJALA – „HLADNE PLASTIKE“ – ZA OBELEŽAVANJE OZNAKA NA JAVNIM PUTEVIMA NA TERITORIJI GRADA BEOGRADA</b>  <i>Dragan Marković, Jelena Krtenić, Vladimir Tomović</i></p>	376
<p><b>DOPUNSKA SIGNALIZACIJA RADI POBOLJŠANJA BEZBEDNOSTI BICIKLISTA U TUNELIMA T4 I T14 NA DRŽAVNOM PUTU IB-34, NA EUROVELU 6</b>  <i>Miroslav Derikonjić</i></p>	382
<p><b>ISTRAŽIVANJE UTICAJA ZNAKOVA SA IZMENJIVIM SADRŽAJEM NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA U ZONI ŠKOLE</b>  <i>Goran Kalamanda, Miodrag Počuć, Igor Vukobratović, Mira Iličić Tomić, Srđan Zečević</i></p>	388
<p><b>UPOTREBA SAVREMENE SAOBRAĆAJNE OPREME – BRZINSKI DISPLEJ SA RADAROM I TRČEĆI PEŠAK</b>  <i>Aleksandar Salević, Dejan Ivanović, Biljana Ranković Plazinić, Milutin Djenadić, Marijana Pantić, Božidar Vlačić</i></p>	394
<p><b>INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI CITY LOGISTIKE SA OSVRTOM NA BiH</b>  <i>Abidin Deljanin, Ermin Muharemović, Mirza Berković</i></p>	399

## **UVODNA IZLAGANJA**

---





## UVODNA IZLAGANJA

---

### **IZMENE PROPISA U OBLASTI SAOBRAĆAJA**

*Jelena Krtenić, Ana Trpković, Nikola Čelar, Jelena Milić Lalović*

### **IZAZOVI U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA**

*Irena Popović, Prof. dr Vladan Tubić*



## ИЗМЕНЕ ПРОПИСА У ОБЛАСТИ САОБРАЋАЈА

**Јелена Кртенић**, ЈП “Путеви Београда”, *jelena.krtenic@putevibeograda.rs*

**Ана Трпковић**, Саобраћајни факултет, Београд, *a.trpkovic@sf.bg.ac.rs*

**Никола Челар**, Саобраћајни факултет, Београд, *n.celar@sf.bg.ac.rs*

**Јелена Милић Лаловић**, Институт за стандардизацију Србије, *jelena.milic@iss.rs*

**Резиме:** Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфарструктуре је донело Закон о путевима, који је ступио на снагу у јуну 2018. године. Измене су бројне, а свакако ће укупно дати допринос унапређењу и очувању путне мреже и безбедности саобраћаја на путу. Посебан акценат је дат код дефинисања управљача јавног пута, на начин да је дефинисан управљач пута и за општинске путеве и улице. Имплементацијом директива Европске Уније у домаће прописе су додатно уређене области електронске наплате путарине, безбедносних захтева за тунелодуже од 500 метара и посебних захтева које јавни пут мора да испуни са аспекта безбедности саобраћаја а односи се на процену утицаја пута на безбедност саобраћаја, ревизију и проверу пута, мапирање ризика, идентификацију и рангирање опасних места и независну оцену утицаја пута на саобраћане незгоде са погинулим лицима. Значајан допринос је донет уређењем чланова закона који се односе на врсте одржавања јавног пута, тако да ће реконструкција пута бити предмет издавања грађевинске дозволе, а појам рехабилитација је новим законом посебно прописан при чему су процедуре управљача пута према министарству олакшане и убрзане. Област заштите јавних путева и ванредни превоз је проширена, а посено је дат правни основ јединицама локалне самоуправе да ближе пропишу ову област, посебно из разлога што се инсталације када су у питању улице постављају у трупцу пута а не у заштитном појасу. На предлог министарства, који је упућен Институту за стандардизацију из Београда, радна група Института из области саобраћајне сигнализације је кренула да ревидира српске станадрде којима се билиже дефинишу изглед и начин постављања саобраћајне сигнализације, што ће савкако употпунити значај наведеног прописа и олакшати његову примену.

**Кључне речи:** закон, правилник, саобраћајна сигнализација, безбедност саобраћаја

### 1. УВОД

У избору теме рада ауторима је полазно становиште било да искористе прилику стручног скупа на којој би се учесницима указало на актелности у изменама прописа који су настале у протеклом периоду, тј. од последњег ТЕС-а, узимајући у обзир да су у њима и активно учествовали.

У том смислу, акценат ће бити дат Правилнику о саобраћајаној сигнализацији („Службени гласник РС“, бр. 85/17) и Закону о путевима („Службени гласник РС“, бр. 41/18). Такође, у раду ће бити дат и осврт на најважније измене и допуне Закона о безбедности саобраћаја на путевима (“Сл. гласник РС”, бр. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – одлука УС, 55/2014,

96/2015 – др. закон, 9/2016 – одлука УС, 24/2018, 41/2018 и 41/2018 – др. закон).

Основни разлог за измену прописа је унапређење прописа са Конвенцијом о сигнализацији на путевима јер смо земља потписница исте, уређење области за које се показало да постоје проблеми у примени прописа у пракси и иновирање прописа применом европских прописа и стандарда у домаће прописе.

Један од најзначајнијих разлога за доношење Закона о путевима је свакако био разлог имплементације директива ЕУ и иновирање прописа у области пута као линијског инфраструктурног објекта ради усклађивања са Законом о планирању и изградњи. Новине су пре свега у области тунела, електронске наплате путарине, ревизије безбедности саобраћаја која је и преузета из ЗОБ-а и детаљно уређена овим прописом, као и потреба да се прецизније дефинишу области категоризације јавних путева, управљања саобраћајем и заштите пута, управљача путева и униформише рад јединица локалних самоуправа у области путева узимајући у обзир да је половина од укупне мреже јавних путева у надлежности истих.

Најзначајније измене у Закону о безбедности саобраћаја, обзиром на велики број саобраћајних незгода и обавезе државе у складу са Стратегијом о безбедности саобраћаја на путевима Републике Србије за период од 2015. до 2020. године односе се на стожије казне за возаче, а посебно за возњу у алкохолисаном стању, телефонирање у току возње и невезивање појаса, возњу деце супротно одредбама прописа, возњу мотоцикла без хомологоване кациге за возњу, услове за дозвољено претицање преко пуне линије којим се не угрожава безбедност саобраћаја,

претицање и обилажење возила која су се зауставила испред пешачког прелаза да би пропустиле пешака и сл.

## **2. ИЗМЕНЕ ПРАВИЛНИКА О САОБРАЋАЈНОЈ СИГНАЛИЗАЦИЈИ**

Основни постулат у писању Правилника, којим је вођена радна група коју су чинили експерти из области саобраћајне сигнализације, је јасна и недвосмислена саобраћајна сигнализација за домаће и стране учеснике у саобраћају на путевима у РС. Сведоци смо великог броја саобраћајних незгода на нашим путевима, најжалост често и са смртним исходом, као и постојања великог броја зона радова на путевима током године. Прописаном саобраћајном сигнализацијом на путу, сталном или привременом, подразумева се сигнализација одобрена решењем органа надлежног за послове саобраћаја на основу овереног саобраћајног пројекта. Претходним правилником је дефинисан саобраћајни пројекат, техничка контрола, обавеза управљача јавног пута у вези израде и овере пројектног задатка. У међувремену, министарство је донело је Закон о планирању и изградњи и правилник којим је уређена област израде техничке документације, са којим је нови правилник о сигнализацији усаглашен. Такође, у складу са једним од начела директиве ЕУ 2008/96, постулат у писању свих прописа, па и Правилника, подразумева поделу одговорности свих у низу администарције, инвеститора, надзорних органа, пројектаната, техничке контроле, по питању квалитета израде пројекта узимајући у обзир одлуке које се њиме доносе пре свега по питању безбедности. Радна група је иницирала две важне активности преко

министарства које је упутило захтеве МУП-а да изменом ЗОБС-а омогући детаљније уређење области саобраћајне сигнализације, да пропише правни основ за уређење области семафора и кружних раскрсница, као и захтев Институту за стандардизацију у Београду за ревидирање и доношење нових српских стандарда у складу са Правилником, којима се дефинишу техничке карактеристике прописане саобраћајне сигнализације.

### **2.1. Новине у вези саобраћајних знакова**

Области саобраћајних знакова и допунских табли је посвећена велика су измењени у дефиницији и изгледу. Измењен је изглед појединих допунских табли, значење неких је појашњено и уведене су нове као на пр. допунске табле које се односе на слепа, слабовида и на стара лица на путу. Прописан је начин постављања знакова са ретрорефлектујућим лицем на банкини и на порталу и дефинисан је угао постављања знака из разлога што је у пракси уочена појава неадекватног постављања знакова (знакови се усмеравају ка оси пута уместо од ње што изазива бљесак), чиме се губи потребан ефекат ретрорефлексије и директно угрожава безбедност, као и оправданост уложених средстава у знакове. Прописаним начином ће се максимизирати перформансе знака и минимизирати могућност заслепљивања. Дефинисан је начин ређања знакова по групама, као и групе димензија знакова који се постављају на заједничком носачу. Ради униформности и боље уочљивости знакова у насељу због великог броја пешака измењена је висина постављања знакова у насељу. У циљу усклађивања класе материјала на аутопутевима у складу са земљама у

окружењу и захтевом управљача државних путева измењена је класа материјала на аутопуту и мотопуту. Бројне измене у области туристичке сигнализације свакако ће допринети бољем означавању туристичких локалитета и вођењу корисника до истих, а посебно доношење новог стандарда којим ће ова група знакова уређена. Класа 3 остаје на порталима за знакове који се постављају на аутопуту и мотопуту, док за знакове који се постављају на банкини на наведеним путевима се користи класа 2 ако нема осветљења, односно класа 3 ако оно постоји.

### **2.2. Новине у вези ознака на путу**

У овој области ревидиран је велики број ознака, а посебна пажња је дата у складу са земљама у окружењу, стрелицама за вођење саобраћаја у кружном току, обележавању паркинг места за инвалиде, укрштању пешачке и бициклистичке стазе, обележавању бициклистичке стазе и сл. У односу на претходни Правилник, избачен је став који се односио се на обавезу семафоризовања пешачког прелаза на путу са више саобраћајних трака по смеру, иако је норма свих прописа у окружењу и значајно доприноси безбедности саобраћаја. Разлог томе је био погрешно тумачење уведеног става у пракси од стрне саобраћајних вештака, јер се норма односила на новопројектоване путеве и путеве за које би се радило периодично одржавање, а и управљачи општинских путева и улица су сматрали да је норма била „прејака“. Свакако ова норма може бити предмет Правилника о семафорима, којим би се детаљно размотрили и остали критеријуми за семафоризовање пешачког прелаза. У

табели у прилогу Правилника која дефинише карактеристике хоризонталне сигнализације у односу на врсту саобраћајнице, извршене су корекције. На основу примедби управљача пута и лабораторије за испитивање материјала која контролише квалитет изведених ознака на путу, остајући све време у оквиру резултата студије COST 331, извршено је смањење иницијалне ретрорефлексије на одређеним врстама пута са мањим брзинама кретања. Доња граница прихватљивости ретрорефлексије смањена је са 150 на 100 mcd/lxm<sup>2</sup> управо из разлога што мала брзина гарантује уочљивост и поред смањене рефлексије. На брзим саобраћајницама високи критеријуми нису мењани. Критеријум када треба поново изводити ознаке на путу је минимална перформанса, чиме је практично дозвољена употреба и мање квалитетних јефтинијих материјала, уз услов да задовољавају прописане критеријуме што подразумева и чешће радове. Уколико се ивична линија користи у насељу, обележава се као непрекидана линија, разлог због чега је то добро је што са одговарајуће удаљености возачу делује као да је непрекидана а у одржавању утиче на смањене трошкове одржавања.

### **2.3. Семафори**

Новим прописом је прецизније дефинисан садржај саобраћајног пројекта када је у питању постављање семафора и модификације његовог рада у смислу прецизнијег раздвајања елемената пројекта који се односе на фиксан, односно детекторски рад семафора. Дефинисан је појам заштитног времена и дата је могућност његовог приказивања и у форми међузеленог времена. Такође, прелазна

стања за детекторски рад су обавезан део пројектне документације. У садржају пројекта предвиђена је тачка која се односи на вредновање пројектованог рада семафора. Поред стандардних димензија светала семафора, предвиђена је и димензија светла од 200 mm, која је прописана у неким Правилницима у земљама ЕУ и има добру примену у пракси. Дефинисано је трепћуће зелено светло за регулисање кретања возача и пешака са аспекта дужине трајања, фреквенције трептаја и њиховог распореда у односу на претходни и наредни сигнални појам. Дефинисани су семафори за регулисање кретања возила по саобраћајним тракама, у складу са савременим техничким решењима. Радна група је дала предлог за измену закона у делу који се односи на увођење помоћних светлосних саобраћајних знакова (жуто трепћуће светло са графичким симболом црне боје) који имају значење обавезе за све учеснике да се крећу уз повећану опрезност због постојања конфликта са током приказаним одговарајућим графичким симболом, који су такође присутни у законодавству ЕУ. У члану који се односи на постављање семафора уведен је појам основих семафора за регулисање кретања возила и семафора понављача са прецизно дефинисаним могућностима и начинима њиховог позиционирања на путу. Елиминисана су и нека просторна ограничења која су се односила на позиционирање стубова светлосних сигнала поред пута. Актуелни Правилник стриктно дефинише растојање осовине стуба од ивице коловоза на 0,75-1 м, док је у предлогу акценат стављен на фиксно дефинисање позиција семафора, без ограничења са

аспекта позиције њихових стубова носача.

#### **2.4. Претицајна прегледност код хоризонталних и вертикалних кривина**

У вршењу провере безбедности саобраћаја на путевима посебна пажња се посвећује провери свих врста прегледности са аспекта безбедности. У том смислу је у Правилнику дефинисан модел прорачуна дужине разделне линије за безбедно претицање у функцији брзине, на двотрачним путевима, који омогућава пројектантима практичну примену прорачуна дужине неискриване линије и дужине линије упозорења, како би се одредила последња тачка од које је могуће започети претицање да би се оно безбедно завршило на крају линије упозорења. Циљ је био постићи униформност у раду пројектаната, а добијене дужине су у складу са Конвенцијом, важећим прописима и захтевима Светске банке код пројектата периодичног одржавања пута. Такође, дефинисана је и вертикална прегледност.

#### **2.5. Најважније новине у Закону о путевима**

Законом о путевима је први пут дефинисан управљач општинских путева и улица, интелигентни транспортни системи, критеријуми које морају да испуњавају тунели дужи од 500 метара, као и обавезе управљача пута код управљања тунелима, ревидирано је периодично одржавање пута, а реконструкција ће се обављати у складу са издатом грађевинском дозволом. Министарство ће прописати критеријуме за категоризацију општинских путева и улица чиме ће се постићи на униформности у одржавању јавних

путева под надлежношћу општина. Велики допринос је постигнут прописивањем посебних захтева које јавни пут (односи се на државне, а сада и на општинске путеве и улице) мора да испуни са аспекта безбедности саобраћаја у смислу вршења процене утицаја пута на безбедност саобраћаја, ревизија пута (RSA) пута у свим фазама пројектовања од идејног пројекта до извођачког, као и провера пре пуштања пута у саобраћај и месец дана након пуштања пута у експлоатацију и провера пута (RSI) за постојеће путеве, обавеза мапирања ризика и идентификација и рангирање опасних места и независна оцена пута на саобраћајне незгоде са погинулим лицима. Такође прописан је и стручни тим за процену, ревизију и проверу, као и услови за добијање и издавање лиценци. Процедура у ревизији и провери пута од стране стручног тима подразумева израду Извештаја који се доставља управљачу пута, а садржи три целине: прва-опис пута и тима, контролни лист, податке о пројекту и активностима у поступку провере, друга-резултати провере најчешће дати табеларно са описом недостатака који су уочени било да је реч о прегледу пројекта или обиласка локације са конкретним стационажама и сликама са терена, и предлогом мера: краткорочних, средњорочних и дугорочних. Резултати провере обавезно садрже целине: функцију пута и окружење, попречни профил, геометријско пружање трасе, укрштања (раскрснице), јавне и приватне површине, сервисни и објекти за одмарање, јавни превоз, потребе рањивих учесника у саобраћају, саобраћајни знакови, ознаке и осветљење на путу, околина пута и елементи пасивне безбедности и



процена дефицита. Трећу целину, тј. прилог, чине генерални коментари и Изјава тима да је поступао у складу са законским, стандардима, нормама и правилима струке у циљу унапређења безбедности саобраћаја. Посао издавања и вођења евиденције лиценци за ревизоре, односно провериваче је поверен Агенцији за безбедност саобраћаја. Основни задаци ревизора и проверивача су у складу са концептом саомообјашњавајућих путева и путева са опраштајућом околином. То значи да се посвети посебна пажња функцији пута тј. да се прилагоди саобраћај функцији пута коју он има у хијерархији путева. Укрштаје путева изводити под углом 90 степени. Предвидети кружне токове којима се смањује број конфликтних тачака. Обезбедити адекватне и прописане подужне и попречне нагибе пута посебно због прегледности и одводњавања. Обезбедити окружење пута и пут адекватним типовима заштитних ограда са обезбеђеним завршецима и елементима пасивне безбедности којима се штите мотоциклисти. Околинду пута уредити као и пропусте и исте по потреби обезбедити елементима пасивне безбедности. Каналисати токове кретања пешака оградама и „смакнути“ пешачким прелазима. Уклонити растње које угрожава безбедност. Нагласити улазак у насеље саобраћајном сигнализацијом и сужењем саобраћајних трака по потреби. Обезбедити посебне бицикличке стазе, а свакако избећи конфликт пешака и бициклиста у раскрсници или кружном току. Обезбедити расвету пута у континуитету никако осветљење појединачних пешачких прелаза и стубове расвете штитити заштитном оградом или их

извести као „гужвајуће“. У пројектовању пута не дозволити појаву „корпастих“ кривина и „скривених“ деоница пута. У области заштите пута дат је правни основ којим општине могу ближе да уреде ову област, узимајући у обзир да се код улица инсталација смешта у труп улице и да не постији заштитни појас. Општине су дужне да донесу Одлуку о утврђивању некатегорисаних путева. Чланом 9. је прописано управљање јавним путем које је сада обавезујуће за све управљаче јавних путева, дакле и за оне који управљају општинским путевима и улицама. Средњорочним плановима и годишњим програмима и извештајима је дефинисана обавеза управљача јавних путева у планирању и извршавању обавеза у управљању, изградњи и одржавању путева. Прописан је режим саобраћаја у зимском периоду. У области одржавања јавних путева донеће се нова подзаконска акта која ће детаљније уредити ту област и иновирати постојеће правилнике. Све врсте радова се обављају на основу решења за техничко регулисање саобраћаја на јавном путу издата од стране надлежних органа за послове саобраћаја. Паралелно са доношењем овог закона врши се и измена и допуна Закона о планирању и изградњи у делу који се односи на пут као линијски инфраструктурни објекат. Такође повећане су висине казни за кршење закона за правна лица, предузетнике и физичка лица.

## **2.6. Најважније новине у измени Закона о безбедности саобраћаја**

Како смо сведоци све већег броја саобраћајних незгода на путевима главне измене ЗОБ-а се управо базирају на повећање новчаних казни и казних поена за поступања која су супротна

одредбама закона. Пре свега се односе на насилничку вожњу у коју се сада уврштава и вожња у аклкохолисаном стању, више од 2 промила алкохола у крви и велико прекорачење брзине у насељу за више од 90 km/h, а ван насеља за више од 100 km/h. Ранију затворску казну је сада могуће одрадити радом у јавном интересу уз обавезно новчано плаћање казне од 120000-140000 динара. Ако је возач приликом насилничке вожње проузроковао саобраћајну незгоду казниће се казном затвора у периоду од 45-60 дана, односно рада у јавном интересу од 300-360 сати, уз плаћање новчане казне у износу од 130000-150000 динара и забрана управљања моторним возилом у трајању од најмање 10 месеци и 17 казнених поена. За возаче са пробном возачком дозволом није дозвољено присуство алкохола у крви. Казне за ову врсту прекршаја тј. све врсте алкохолисаности возача су генерално повећане, јер је то између осталог најчешћи разлог саобраћајних незгода. Пробна возачка дозвола се издаје на период од најмање 2 године, односно до навршене 21. године живота. Пробна дозвола има пуно ограничења којих се морају прдржавати млади возачи. Једна од њих је да млађи од 18 година морају имати поратиоца са најмање 5 година возачког искуства и са неће моћи да управљају возилом које има снагу мотора већу од 80kW (107,3 KS), осим када су са пратиоцем под надзором са важећом возачком дозволом Б категорије и најмање 5 година возачког искуства. Забрањен им је блутут уређај, вожња ноћу од 23-6 часова и више од три лица укључујући и пратиоца. Једна од најоштријих казни је предвиђена и за несавесне родитеље који превозе децу на начин супротан закону, тј. висине

казни су учетворотручене и износе и до 120000 динара. Дуплиране су казне за постојеће прекршаје телефонирање у вожњи и невезивање сигурносног појаса и казне су 10000 динара. Уколико возило нема прописане регистарске таблице у било ком смислу казне су 10000 динара. За возила старија од 15 година технички преглед се врши једанпут годишње иако је предлог био на 6 месеци. Посебно су поштрене безбедносне мере за мотоциклисте и њихове сапутнике ако не закопчају хомологоване кациге. Казне су 10000 динара. Велика новина је дозвољено претицање спорих возила преко пуне линије под одређеним условима. У том смислу возачи ће моћи да претичу трактор, мотокултиватор, радну машину, запрегу и бицикл уколико не угрожавају безбедност саобраћаја. Наведена возила неће смети да претичу на испред и на превоју, испред или у непрегледној кривини и у тунелу, као и када се неко од наведених возила зауставило да пропусти пешаке. Смањена је казна за вожњу зауставном траком на 20000-40000 динара. Мотоцикл се региструје сада на најмање месец дана. Смањена је казна због истека рока возачке дозволе на 10000 динара. Како је управљање брзинама један од најзначајнијих задатака зправљача пута тако је санкционисање прекршаја у погледу не поштовања прописаних брзина најнеопходније посебно у скучају зона успореног саобраћаја, школа, укршања пута и железничке пруге, код управљања возилима за јавни превоз путника, не пропуштања возила под пратњом и сл.

### 3. ЗАКЉУЧАК

Унапређење прописа којима се ближе уређује област путева је свакако мултидисциплинарна са крајњим циљем

да се у значајној мери доприносе унапређењу безбедности саобраћаја. Неопходно је узети у обзир чињенице да се саобраћај мења са временом, навике и потребе учесника у саобраћају (повећан број сатрих лица, тј. рањивих учесника у саобраћају), као и стално унапређење европских норми које ће

постати обавезујуће у целости у нашим прописима даном ступања наше земље у ЕУ. Поред наведеног за сваку измену прописа је најважнија адекватана и доследна примена прописа у пракси и санкционисање сваког поступања супротно одредбама прописа.

## SUMMARY

### CHANGES ON REGULATIONS IN FIELDS ON TRAFFIC

**Abstract:** *The Ministry is adopted a new Law on Roads, in June 2018. Number of changes in Law will contribute to promotion and preservation public roads and improving road safety. Special attention was given to defining a public enterprise for a public roads which included streets and communal roads (before that was option only for a state roads). Implementation of EU directives into national regulations are further regulated the fields of electronic toll collection, security requirements for tunnel longer than 500 meters and the specific requirements that a public road must meet in terms of traffic safety and refers to the assessment of the impact of road traffic safety, auditing and checking the time, risk mapping, identification and ranking of dangerous spots and independent assessment of the impact of time on traffic accidents with killed persons. A significant contribution to the regulation adopted articles of the Law relating to the type of maintenance of a public road, so that the reconstruction of the road will be subject to the issuance of building permits, a concept of rehabilitation is a new law specifically prescribed procedure whereby the control times to the Ministry facilitated and accelerated. The chapter in Law which includes protection of public roads and special transport was expanded, and was given a legal basis for local governments to detailed regulation of this area, especially because the installation when it comes to street placed in the roadbed and not in the buffer. On the proposal of the ministry, which was submitted to the Institute for Standardization, Belgrade, a working group of the Institute in the field of traffic signals is started to revise Serbian standards, which define the appearance and the way of placing of traffic signs, which will complement certain importance of this regulation and to facilitate its implementation.*

**Key words:** *Low, Rulebook, traffic signs, traffic safety*

## IZAZOVI U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA

**Irena Popović**, Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, Beograd, irena.popovic@mgsi.gov.rs

**Prof. dr Vladan Tubić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, vladan@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Cilj izrade ovog rada je prikaz i analiza izazova koji se javljaju tokom upravljanja građevinsko - saobraćajnim projekcima. U uvodnom delu definisani su pojmovi projekat i upravljanje projektima. Zatim faze realizacije projekata, a kako svaka od faza nosi svoje izazove i probleme, analizirani su i oni. U nastavku su razmatrane faze realizacije projekta i to: odabir projekta koji će se realizovati, analiza ekonomske i/ili društvene opravdanosti projekta. Potom donošenje odluke o modelu finansiranja projekta, pronalaženje finansijera i obezbeđivanje neophodnih finansijskih sredstava za realizaciju projekta. Posebna pažnja je posvećena izradi planske i tehničke dokumentacije, pribavljanju potrebnih dozvola za građenje, te izgradnja objekta i upotreba. I na kraju prikazani su primeri građevinsko - saobraćajnih projekata koji se realizuju u Republici Srbiji, sa svim izazovima, koji su ih pratili tokom realizacije.

**Ključne reči:** projekat, upravljanje projektima

### 1. UVOD

Projekat je jedinstveni proces, sastavljen iz niza aktivnosti definisanih početkom i krajem, kao i ljudskim, finansijskim i drugim resursima, koji ispunjava određene uslove. Svaka od planiranih aktivnosti unutar jednog projekta ima za cilj, zadovoljenje ukupnih potreba klijenta.

Takođe projekat koji definiše realizaciju izgradnje građevinsko - saobraćajnog objekta, obuhvata niz aktivnosti, počev od odabira projekta i načina finansiranja, preko izrade planske i tehničke dokumentacije, te izgradnje i upotrebe objekta.

Upravljanje projektima je primena znanja, veština, alata i tehnika na projektne aktivnosti sa ciljem ispunjenja zahteva zainteresovanih strana i očekivanja od projekta.

Upravljanje realizacijom izgradnje građevinsko - saobraćajnog projekta zahteva razne veštine i znanja iz oblasti

finansija, građevinarstva, saobraćaja i prava.

Faze realizacije nekog projekta su:

- odabir projekta, koji će se realizovati
- donošenje odluke o modelu finansiranja projekta i pribavljanje finansijskih sredstava
- izrada planske i tehničke dokumentacije
- izgradnja objekta

Kod odabira projekta važno je da se sagleda njegova ekonomsko - finansijska opravdanost, te prostorna, društvena i ekološka. Zato kod odabira projekta treba da učestvuju razni profili eksperata, koji će analizirati svako iz svoje oblasti racionalnost ulaganja u realizaciju određenog projekta. Kod projekata koji nemaju ekonomsko - finansijsku opravdanost, mora se analizirati i društvena opravdanost, jer može se doći do zaključka da projekat i nije finansijski isplativ, ali je neophodna njegova realizacija radi društvene koristi npr.

izgradnja saobraćajnice radi povezivanja manje razvijenih krajeva u državi.

Odluka o načinu finansiranja zavisi o trenutno raspoloživim sredstvima finansijera, kao i planovima za korišćenje objekta. Modeli finansiranja mogu biti sledeći: iz sopstvenih sredstava, kredita, ali i modeli javno - privatnog partnerstva ili koncesija. Svaki od modela ima svoje dobre i loše strane, zato eksperti treba da obavie detaljne analize, pre konačne odluke o modelu finansiranja.

Plansku i tehničku dokumnetaciju mogu da izrađuju preduzeća registrovana za tu oblast, koja ispunjavaju uslove propisane Zakonom o planiranju i izgradnji. Kod odabira obrađivača dokumnetacije važno je se izabere preduzeće koje raspolaže kvalitetnim kadrovskim kapacitetima, jer u suprotnom javljaju se veliki problemi tokom izrade dokumentacije, kao i kasnije prilikom stručne i tehničke kontrole, planske i tehničke dokumnetacije.

Izgradnju objekta može da vrši preduzeće registrovano za tu oblast, koje ispunjava uslove propisane Zakonom o planiranju i izgradnji. Kod odabira izvođača radova, potrebno je posebnu pažnju posvetiti kadrovskom kapacitetu, kao i tehničkoj opremljenosti građevinskim mašinama i drugom opremom za izvođenje radova. U protivnom dolazi do nekvalitetno izvedenih radova, kašnjenja prilikom izvođenja radova, a sve to utiče na konačnu cenu projekta.

## **2. REALIZACIJA PROJEKATA SAOBRAĆAJNICA**

### **2.1. Izrada planske dokumnetacije**

Izgradnja saobraćajnica počinje mnogo pre njihove fizičke realizacije, kroz sistemski niz uređenih postupaka planiranja i projektovanja.

Proces planiranja i projektovanja vodi se osmišljenim postupcima zasnovanim na velikom broju informacija o prirodnim i stečenim ograničenjima, postojećoj prostornoj i fizičkoj strukturi saobraćajne mreže, saobraćaju (postojećem i prognoziranom) i drugim relevantnim parametrima, kako bi se mogla doneti ispravna odluka o početku realizacije izgradnje nove saobraćajnice.

U donošenju odluke centralno mesto pripada tome da li su budući zahtevi veći od mogućnosti postojeće putne mreže. Proces bi morao biti dokumentovan i transparentan kako na nivou državnih institucija, tako i na nivou stručne javnosti i zainteresovanih građana.

Nakon donošenja odluke o početku realizacije izgradnje saobraćajnice, pristupa se izradi planske i tehničke dokumentacije.

Kao podloga za izradu planske dokumnetacije, izrađuje se Prethodna studija opravdanosti sa Generalnim projektom. Pre početka izrade Prethodne studije opravdanosti obavljaju se prethodni radovi na osnovu čijih rezultata se izrađuje prethodna studija opravdanosti. Prethodni radovi obuhvataju: istraživanja i izradu analiza i projekata i drugih stručnih materijala; pribavljanje podataka kojima se analiziraju i razrađuju inženjersko - geološki, geotehnički, geodetski, hidrološki, meteorološki, urbanistički, tehnički, tehnološki, ekonomski, energetski, seizmički, vodoprivredni i saobraćajni uslovi; uslove zaštite od požara i zaštite životne sredine, kao i druge uslove od uticaja na gradnju i korišćenje saobraćajnice.

Prethodnom studijom opravdanosti utvrđuje se naročito prostorna, ekološka, društvena, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost investicije za varijantna rešenja definisana generalnim projektom, na osnovu kojih se donosi planski

dokument, kao i odluka o opravdanosti ulaganja u prethodne radove za Idejni projekat i izradu studije opravdanosti.

Sastavni deo Prethodne studije opravdanosti je generalni projekat. Generalni projekat sadrži naročito podatke o: makrolokaciji objekta, opštoj dispoziciji objekta, tehničko-tehnološkoj koncepciji objekta, načinu obezbeđenja infrastrukture, mogućim varijantama prostornih i tehničkih rešenja sa stanovišta uklapanja u prostor, prirodnim uslovima, proceni uticaja na životnu sredinu, inženjersko - geološkim i geotehničkim karakteristikama terena sa aspekta utvrđivanja generalne koncepcije i opravdanosti izgradnje objekta, istražnim radovima za izradu Idejnog projekta, zaštiti prirodnih i nepokretnih kulturnih dobara, funkcionalnosti i racionalnosti rešenja.

Trasa (koridor puta) u generalnom projektu se razmatra sa gledišta prostornih mogućnosti i ograničenja, a svi pokazatelji dobijeni geometrijskim, vozno - dinamičkim, saobraćajnim, ekološkim i ekonomskim analizama uključuju se u process vrednovanja sa ciljem da se izabere optimalni koridor. U ovoj fazi moraju se doneti i načelne odluke o etapnosti građenja, uslovima eksploatacije, lokaciji i koncepciji raskrsnica, vrsti kolovozne konstrukcije, računskoj brzini deonica i sl.

Nakon razmatranja varijantnih rešenja i rezultata dobijenih u Prethodnoj studiji opravdanosti i Generalnom projektu, investitor pristupa izradi planskog dokumenta, za usvojenu varijantu koridora trase saobraćajnice.

Za državne puteve I ili II reda se obično izrađuje prostorni plan područja posebne namene infrastrukturnog koridora, sa mogućnošću direktne primene ili ređe planovi detaljne regulacije, na osnovu kojih se mogu pribavljati Lokacijski uslovi.

Prostorni plan područja posebne namene sadrži naročito:

1. polazne osnove za izradu plana;
2. ocenu postojećeg stanja (SWOT analiza);
3. posebno obeležavanje građevinskog područja sa granicama područja;
4. delove teritorije za koje je predviđena izrada urbanističkog plana;
5. ciljeve, principe i operativne ciljeve prostornog razvoja područja posebne namene;
6. koncepciju prostornog razvoja područja posebne namene;
7. koncepciju i propoziciju zaštite, uređenja i razvoja prirode i prirodnih sistema;
8. koncepciju i propozicije u odnosu na eventualne demografsko - socijalne probleme;
9. prostorni razvoj funkcije posebne namene, distribuciju aktivnosti i upotrebu zemljišta;
10. prostorni razvoj saobraćaja, infrastrukturnih sistema i povezivanje sa drugim mrežama;
11. pravila uređenja i građenja i druge elemente regulacije za delove teritorije u obuhvatu plana za koje nije predviđena izrada urbanističkog plana;
12. mere zaštite, uređenja i unapređenja prirodnih i kulturnih dobara;
13. mere zaštite životne sredine;
14. mere i instrumenti za ostvarivanje prostornog plana područja posebne namene i prioriternih planskih rešenja;
15. mere za sprovođenje prostornog plana posebne namene.

Strateška procena uticaja na životnu sredinu je sastavni deo plana.



## **2.2. Izrada tehničke dokumentacije**

Nakon usvajanja planske dokumentacije i pribavljanja Lokacijskih uslova pristupa se izradi Studije opravdanosti sa idejnim projektom.

Studijom opravdanosti određuje se naročito prostorna, ekološka, društvena, finansijska, tržišna i ekonomska opravdanost investicije za izabrano rešenje, razrađeno idejnim projektom, na osnovu koje se donosi odluka o opravdanosti ulaganja, za projekte saobraćajnica koji se finansiraju sredstvima iz budžeta.

Studija opravdanosti sadrži idejni projekat. U idejnom projektu se detaljnije razrađuje usvojena varijanta saobraćajnice i usaglašava se sa uslovima dobijenim od imaoća javnih ovlašćenja. Idejni projekat je faza u kojoj se jednoznačno definiše trasa puta, raskrsnice (površinske i/ili denivelisane) i svi putni objekti pri konkretnim uslovima ograničenja. Sastavni deo Idejnog projekta za izabranu trasu (putni objekti, prateći sadržaji, eksproprijacija, saobraćajna i građevinska oprema, tehničke mere zaštite životne sredine i dr.

Prethodna studija opravdanosti sa generalnim projektom i Studija opravdanosti sa idejnim projektom podleže stručnoj kontroli (reviziji) od strane Revizione komisije, koju obrazuje minister nadležan za poslove građevinarstva.

Stručnom kontrolom proverava se koncepcija objekta naročito sa stanovišta: pogodnosti lokacije u odnosu na vrstu i namenu objekta, uslova građenja objekta u pogledu primene mera zaštite životne sredine, seizmoloških, geotehničkih, saobraćajnih i drugih uslova, obezbeđenja energetskih uslova u odnosu na vrstu planiranih energenata, tehničko-tehnoloških karakteristika objekta, tehničko-tehnoloških i organizacionih

rešenja za građenje objekta, savremenosti tehničkih rešenja i usklađenosti sa razvojnim programima u toj oblasti, kao i drugih propisanih uslova izgradnje objekta.

Problemi koji se javljaju tokom stručne kontrole tehničke dokumentacije za izgradnju saobraćajnica su raznovrsni. Počev od toga da revidenti zaključe da odabrana trasa saobraćajnice nije najoptimalnija, pa do toga da za inženjerske objekte na saobraćajnici (mostovi, tuneli, klizišta i dr.) nisu data najbolja tehnička rešenja, te da takva rešenja mogu ugroziti bezbednost objekta i ljudi. U tim slučajevima revidenti vraćaju projekte na korigovanje projektantima i Reviziona komisija ne prihvata projekat dok ne bude u potpunosti prihvatljiv i zaključuje da može biti osnov za dalju fazu razrade tehničke dokumentacije.

Nakon usvajanja Studije opravdanosti i idejnog projekta pristupa se izradi projekta za građevinsku dozvolu. On podleže tehničkoj kontroli, a po dobijanju pozitivnog izveštaja vršioca tehničke kontrole, stiču se uslovi za izdavanje Građevinske dozvole. Uz ovaj uslov potrebno je da se ispune i ostali uslovi propisani Zakonom o planiranju i izgradnji.

Po dobijanju Građevinske dozvole pristupa se izradi Projekta za izvođenje. Projekat za izvođenje izrađuje se za potrebe izvođenja radova na građenju. Projekat za izvođenje je skup međusobno usaglašenih projekata kojim se utvrđuju građevinsko-tehničke, tehnološke i eksploatacione karakteristike objekta sa opremom i instalacijama, tehničko-tehnološka i organizaciona rešenja za gradnju objekta, investiciona vrednost objekta i uslovi održavanja objekta. Projekat za izvođenje se može izrađivati i u fazama, u kom slučaju se radovi izvode samo za onu fazu za koju je projekat za

izvođenje potvrđen u skladu sa odredbama Zakona o planiranju i izgradnji.

Za saobraćajnice projekat za izvođenje obuhvata detaljnu inženjersku razradu svih elemenata puta i putnih objekata (mostovi, tuneli, potporne i zaštitne konstrukcije i sl.) neophodnih za fizičku realizaciju puta u realnom prostoru. Ovaj projekat obuhvata i kompleksno razrešenje infrastrukturnih sistema, optimizaciju metoda i postupaka građenja, odvodnjavanje površinskih, priobalnih i podzemnih voda, razradu pozajmišta materijala, uređenje prostora u zoni puta, saobraćajnu i građevinsku opremu, prateće sadržaje (funkcionalne i za potrebe korisnika) i dr.

U okviru ove faze projektovanja definiše se precizan predmer i predračun radova, koji će poslužiti za procedure javnih nabavki i realizaciju radova.

Projekat za izvođenje radi se na osnovu detaljnih geotehničkih, hidrotehničkih, geodetskih i saobraćajnih snimanja i podatak. U ovoj fazi mogu se vršiti samo mikro pomeranja osnovne trase iz projekta za građevinsku dozvolu, sa ciljem optimizacije radova, ali bez zauzimanja dodatnog prostora.

Nakon završetka izgradnje saobraćajnice, ukoliko je u toku građenja došlo do manjih izmena u odnosu na projekta za izvođenje, investitor je dužan da pribavi projekat izvedenog objekta. Projekat izvedenog objekta izrađuje se za potrebe pribavljanja upotrebne dozvole, korišćenja i održavanja objekta.

Upravljanje procesom projektovanja saobraćajnica predstavlja kompleksan zadatak, kome je osnovni cilj uspešno realizovanje svih aktivnosti od same ideje do izbora najpovoljnijeg ponuđača za izgradnju saobraćajnice i ugovaranje radova. Sam proces upravljanja projektovanjem može se razmatrati sa dva stanovišta: stanovišta investitora i

stanovišta projektanta. Iako je reč o drugačijim nivoima prava i obaveza, objektivna je činjenica da je potpuno definisan i efikasan sistem upravljanja izradom tehničke dokumentacije u obostranom interesu. Pri tom valja naglasiti da je preduslov za efikasnost realizacije svakog pojedinačnog projekta dosledna primena standardne metodologije planiranja /projektovanja saobraćajnica, kao i stručni i moralni kvaliteti svih aktera ovog procesa.

### **3. PRIMERI REALIZACIJE PROJEKATA SAOBRAĆAJNICA U REPUBLICI SRBIJI**

#### ***3.1. Putna veza između Ljubovije (RS) i Bratunca (BiH) sa mostom na reci Drini***

Ideja za potrebom realizacije ovog projekta se javila 2012. godine, kada su nadležni ministri Republike Srbije i Republike Srpske potpisali Protokol o razumevanju za izgradnju ove putne veze. Kasnije su to prihvatili i nadležni organi u Bosni i Hercegovini i 2015. godine potpisan je međudržavni Sporazum za izgradnju mosta na Drini sa pristupnim saobraćajnicama. Predviđen je i zajednički granični prelaz na teritoriji Bratunca (BiH). Dogovorom svih strana učesnica u realizaciji ovog projekta utvrđeno je da će Srbija finansirati izgradnju mosta na Drini i pristupnu saobraćajnicu na teritoriji RS, Bosna i Hercegovina će finansirati izgradnju zajedničkog graničnog pre-laza, a Republika Srpska saobraćajnicu na teritoriji BiH.

Vlada RS je obezbedila finansijska sredstva za finansiranje kompletne planske i tehničke dokumentacije za ceo projekat. Izrada Prethodne studije opravdanosti i generalnog projekta otpočela je 2013. godine, a posle usvajanja počelo se sa izradom PDR i Studije opravdanosti sa idejnim projektom, koji su prihvaćeni



početkom 2015. godine. Nakon toga je izrađen i projekat za građevinsku dozvolu i pribavljena je Građevinska dozvola. Čitavo vreme tokom izrade tehničke dokumentacije u process su bile uključene sve 3 (tri) strane i uz međusobno razumevanje i usaglašavanje dobili smo kvalitetnu tehničku dokumentaciju. Tokom izrade projekta nije bilo većih problema i sve se rešavalo u toku.

Izgradnja mosta na Drini sa pristupnom saobraćajnicom otpočela je u oktobru 2015. godine. Tokom te prve, kao i druge zime u koje smo ušli sa izvođenjem radova, javili su se problem sa visokim vodostajem Drine. imali smo u više navrata poplave na gradilištu, kao i rušenje konstrukcije skele postavljene za potrebe izgradnje mosta. Zbog toga je tu uključena i EPS, koja na hidrocentrali Bajina Bašta reguliše protok vode. Sve strane su dale sve od sebe za uspešan završetak izgradnje i 2018. godine dobijena je Upotrebna dozvola za most i pristupnu saobraćajnicu na teritoriji RS.

Izrada kompletne planske i tehničke dokumentacije tekla je po ugovorenim rokovima, kao i izgradnja objekta.

Međutim, tu se pojavljuje problem, da druga strana kasni u realizaciji projekta, tako da ni do danas nije izabran izvođač radova za izgradnju zajedničkog graničnog prelaza. Pošto imamo dobre susedske odnose sa BiH, nadamo se da će i ovaj problem biti prevaziđen i da će putni pravac koji povezuju središnji deo Srbije i Bosne i Hercegovine biti otvoren na dobrobit građana obe države.

Na ovom projektu se pokazalo da dobro upravljanje projektom može doneti i dobre rezultate, ali da ipak ima rizika koji se ne mogu pretpostaviti i lako prevazići, koji ne zavise od samog upravljača projektom, već i od više sile, na koju se ne može uticati.

### **3.2. Izrada Studije opravdanosti sa idejnim projektom za izgradnju državnog puta prvog reda**

Ugovor za izradu ovog projekta zaključen je u maju 2017. godine. Projektanti su otpočeli sa izradom tehničke dokumentacije, ali ubrzo se pojavio problem kašnjenja lokalne samouprave u donošenju PGR. Uz svu pomoć i saradnju sa obrađivačima plana i predstavnicima lokalne samouprave PGR je tek usvojen u decembru. U januaru 2018. godine pribavljeni su Lokacijski uslovi i očekivalo se od projektanta da će ispoštovati rok i da će Studija opravdanosti i idejni projekat biti završeni krajem marta. Sad se javljaju problem u odnosu projektanta prema rokovima i ubrzo se videlo da neće biti ispoštovan ugovoreni rok za izradu projekta. Predstavnicima investitora i finansijera ulagali su sve napore i pomagali projektantu, ali to nije dovelo do željenog rezultata. Kada je projekat bio pri samom završetku uključena je i Reviziona komisija da izvrši stručnu kontrolu tehničke dokumentacije. Tu se javljaju problemi da projektant ne želi da sarađuje sa revidentima i da koriguje nedostatke u projektu, već se neki delovi projekta vraćaju i po više puta na pregled, npr. Idejni projekat saobraćajne signalizacije vraćan je 6 (šest) puta, dok nije projektant postupio po svim svim primedbama revidenta i dok projekat nije imao kvalitet na tom nivou da može biti prihvaćen od strane Revizione komisije.

Ovakvi problemi sa projektantom, koji su doveli do kašnjenja završetka idejnog projekta, uticali su i na kašnjenje ostalih faza u realizaciji projekta. Investitoru i finansijeru, koji su obezbedili sredstva za dalju realizaciju, većina sredstava planiranih da će biti utrošeno u 2018. godini neće se moći iskoristiti.

Na ovom projektu se pokazalo kako nesaradnja između investitora, finansijera i projektanta može dovesti do velikih problema i gubitaka u vremenu i finansijskim sredstvima, prouzrokovanim kašnjenjem jedne faze u realizaciji projekta.

Ali nadamo se da ovakvih slučajeva neće biti mnogo i da će ubuduće sve zainteresovane strane u realizaciji projekta odraditi svoj deo posla u najkraćem mogućem roku i sa najmanje utrošenih finansijskih sredstava.

Može se zaključiti da ceo proces realizacije projekata saobraćajnica ustvari predstavlja optimizaciju po osnovnim ciljevima funkcije: minimum investicionih ulaganja (građenje i održavanje), maksimalna bezbednost saobraćajnice, maksimalna propusna moć, odnosno maksimalni pozitivni efekti za korisnike puta i minimum ekoloških posledica.

## LITERATURA

[1] Zakon o putevima ("Službeni glasnik RS", broj 41/18);

[2] Zakon o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", broj . 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 и 145/2014);

[3] Pravilnik o uslovima koje sa aspekta bezbednosti saobraćaja moraju da ispunjavaju putni objekti i drugi elementi javnog puta ("Službeni glasnik RS", broj 50/11);

[4] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji (Projekat rehabilitacije transporta, JP "Putevi Srbije", Beograd. (2012)

[5] Maletin, M., Planiranje saobraćaja i prostora, Gradjevinski fakultet, Beograd, (2004)

[6] Andjus, V., Maletin, M., Metodologija projektovanja puteva, Gradjevinski fakultet, Beograd, (1993)

## SUMMARY

### PROJECT MANAGEMENT CHALLENGES

**Abstract:** *Main goal of this paper is the analysis of challenges in transport infrastructure project management. Introduction shows and defines project and project management terms. Thereafter, different project realization phases, with focus on their specificity were analysed. Different project realization phases were analysed: selection of the project scope, economic and/or social feasibility analysis, finance decision-making model determination, provision of necessary financial resources for the implementation of the project and financier finding. Special attention was paid to the project planning and technical documentation preparation, obtaining the necessary construction permits, as well as the construction and exploitation of the facility. Finally, examples of transport infrastructure projects implemented in the Republic of Serbia are presented, with all the challenges that occurred during the realization.*

**Keywords:** *project, project management*



**GRUPA A**

---

**REGULISANJE I UPRAVLJANJE  
SAOBRAĆAJEM**

---



**GRUPA A****REGULISANJE I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM**

---

**REŽIM BRZINA NA ULIČNOJ MREŽI**

*Doc. dr Nikola Čelar, Jelena Kajalić, Stamenka Stanković*

**PRIMJENA PTV EPICSA PRI DODJELI PRIORITETA JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU NA RASKRIŽJIMA**

*Doc. dr sc. Luka Novačko, Luka Dedić, Karlo Babojelić*

**KALIBRACIJA VISSIM-A ZA NEZAŠTIĆENO LEVO SKRETANJE NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA U BEOGRADU**

*Anica Kocić, Nikola Čelar, Stamenka Stanković*

**PRIKAZ SISTEMA AUTOMATSKOG BROJANJA SAOBRAĆAJA NA ULIČNOJ MREŽI GRADA BEOGRADA**

*Dejan Veličković, Milena Petković*

**KRITERIJUMI ZA IZBOR RASKRSNICA I NJIHOVO PREOBLIKOVANJE U KRUŽNE**

*Snežana Dimitrijević, Aleksandar Trifunović, Mladen Nedeljkov, Goran Zimonjić*

**NIVO USLUGE NA KORIDORU – PRIMER ULICE VOJVODE STEPE**

*Miloš Mladenović, Nikola Čelar, Stamenka Stanković, Jelena Kajalić*

**ANALIZA UTICAJA ZAGUŠENJA NA NIVO BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA**

*Miloš Malbaša, Stefan Stojanović, Dragana Božić*



## REŽIM BRZINA NA ULIČNOJ MREŽI

**Doc. dr Nikola Čelar**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [n.celar@sf.bg.ac.rs](mailto:n.celar@sf.bg.ac.rs)

**Stamenka Stanković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [s.stankovic@sf.bg.ac.rs](mailto:s.stankovic@sf.bg.ac.rs)

**Jelena Kajalić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [j.kajalic@sf.bg.ac.rs](mailto:j.kajalic@sf.bg.ac.rs)

**Rezime:** *Definisanje režima brzina na elementima ulične mreže predstavlja jednu od baznih administrativno-tehničkih mera u regulisanju saobraćaja, sa direktnim uticajem na efikasnost saobraćajnog procesa i bezbednost. Režim ograničenja brzina u praksi uspostavlja se isključivo u svrhu povećanja bezbednosti. Posledica jednostranog pristupa režimu brzina u naselju otvara pitanje kredibiliteta takvo uspostavljenog sistema. Istraživanja u okviru rada ukazuju da pored primarne funkcije postizanja željenog nivoa bezbednosti, ograničenje brzine mora biti u skladu sa funkcionalnom klasifikacijom saobraćajnice u mreži, tehničko-eksploatacionim karakteristikama i okruženjem.*

**Ključne reči:** *gradska mreža, upravljanje brzinama, režim brzine*

### 1. UVOD

Brzina, kao osnovni parametar saobraćajnog toka, direktno utiče na efikasnost saobraćajnog procesa (vreme putovanja) i bezbednost saobraćaja (rizik nastanka i posledice saobraćajnih nezgoda). Definisanje režima brzina na gradskim saobraćajnicama predstavlja predmet tehničkog regulisanja saobraćaja za naselje. U domaćoj praksi, regulisanje brzina bazira se na primeni jedinstvenog režima ograničenja brzine predviđenog Zakonom (50 km/h), uz čestu primenu dodatnih ograničenja, kao univerzalnog administrativno-tehničkog rešenja koje upravljač puta koristi u rešavanju problema bezbednosti saobraćaja. Sa druge strane, zakonska mogućnost da se na određenim delovima ulične mreže, na kojima postoje uslovi, primene ograničenja brzine do 80 km/h, se retko ili uopšte ne koristi.

Primenom uniformnog pristupa u definisanju režima brzina u naselju, svi elementi ulične mreže su dovedeni u isti rang, nezavisno od njihovih tehničko-eksploatacionih karakteristika i funkcionalnog značaja u mreži.

Uspostavljanjem režima brzina dominantno u funkciji bezbednosti ima za posledicu česta prekoračenja istih, čime se dovodi u pitanje kredibilitet uspostavljenog režima.

Istraživanja sprovedena u okviru rada imaju za cilj analizu kredibiliteta uspostavljenih ograničenja brzine na primarnim gradskim saobraćajnicama u Beogradu. Rezultati i zaključci istraživanja treba da pruže generalne smernice za primenu sistemskog pristupa za definisanje režima brzina u naselju.

### 2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje brzine saobraćajnog toka izvršeno je na 55 poteza osnovne ulične mreže grada Beograda, ukupne dužine oko 115 km. Prostor istraživanja obuhvata saobraćajnice različitih tehničko-eksploatacionih karakteristika, gustine čvorova, uslova realizacije saobraćajnog procesa, okruženja i uspostavljenih vrednosti ograničenja brzine. Ograničenost istraživanja na elemente mreže najvišeg ranga objašnjava se činjenicom da je za sistemsko definisanje režima brzina ovaj deo mreže, sa aspekta funkcije i veličine



transportnog rada, ključan za efikasno funkcionisanje saobraćajnog sistema.



Slika 1: Prostor istraživanja

Snimanja su realizovana tokom merodavnih radnih dana u jutarnjem i poslepodnevnom vršnom periodu.

U svakom periodu izvršena su po četiri merenja, u oba smera, primenom metode „plutajućeg vozila“. Plutajuće vozilo, u okviru primenjene metode, svoje kretanja realizuje u okviru medijane ponašanja saobraćajnog toka, odnosno predstavlja reprezent ponašanja celokupnog saobraćajnog toka za aktuelne uslove realizacije saobraćajnog procesa u prostoru istraživanja.

U realizaciji istraživanja korišćena je tehnika automatskog prikupljanja podataka (mobilni telefon sa formiranom Android aplikacijom za snimanje parametara kretanja individualnog vozila) što omogućava kontinualno snimanje, u intervalima od jedne sekunde, parametara kretanja plutajućeg vozila i realizacije karakterističnih događaja. U postupku dalje obrade formiraju se trajektorije kretanja vozila visokog nivoa detaljnosti (Slika 2).



Slika 2. Forma izlaznih rezultata istraživanja, Brzina – prostor dijagram

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Za razliku od uobičajeno korišćenog parametra vremenske brzine saobraćajnog toka, odnosno brzine na preseku, u postupku analize u okviru ovog rada je uspostavljen obuhvatniji pokazatelj – procenat vremena putovanja u prekoračenju. Ovaj pokazatelj opisuje stepen prihvatanja uspostavljenog ograničenja brzine na deonici od strane vozača. Procenat vremena putovanja

brzinom koja je veća od ograničenja utvrđen je na osnovu svih vrednosti trenutnih brzina ostvarenih tokom vremena putovanja, koje su veće od 30 km/h. Vrednost brzine ispod 30 km/h u analizi smatrana je brzinom koja se realizuje u procesu usporenja, odnosno ubrzanja vozila, kao i vožnje u uslovima forsiranog toka.

Na osnovu rezultata istraživanja može se zaključiti da se saobraćajni tok preko 50% vremena putovanja kreće brzinom

iznad režimski uspostavljene, na saobraćajnicama sa dobrim tehničko-eksploatacionim karakteristikama, u uslovima nižih vrednosti stepena zasićenja i pri visokom stepenu realizacije neprekinutog saobraćajnog toka, kao i na saobraćajnicama sa niskim vrednostima ograničenja brzine u odnosu na funkciju

saobraćajnice. Sa druge strane, mali procenat vremena putovanja u prekoračenju registrovan je na elementima mreže sa lošijim tehničko-eksploatacionim karakteristikama, većom gustinom raskrsnica i u uslovima visokih vrednosti stepena zasićenja (Tabela 1).

*Tabela 1: Procenat vremena putovanja sa  $V > V_{ogr}$ , po deonicama*

Saobraćajnica	Deonica	Procenat vremena putovanja sa $V > V_{ogr}$ (%)
Most na Adi	Careva ćuprija-Jurija Gagarina	81.5%
Pančevački most	Branka Momirova-D.Srejovića	80.9%
Bulevar Nikole Tesle	Trešnjinog cveta-Brankov most	79.0%
Radnička, Bul.V.Mišića	Kirovljeva-Mostar	76.2%
Bulevar Nikole Tesle	22.oktobra-Trešnjinog cveta	71.3%
Cara Dušana -Zemun	Severna tangenta-Novogradska	66.3%
Jurija Gagarina	Dr Ivana Ribara-M. Milankovića	62.5%
Marka Čelebonovića	Norveška-Partizanske Avijacije	60.9%
Bulevar M.Milankovića	Tošin bunar-Milentija Popovića	59.0%
Tošin bunar	Ugrinovačka-Studentska	3.6%
Kumodraška	Darvinova-Ljubička	2.9%
Ugrinovačka	Severna tangenta-Novogradska	2.2%
Bulevar Kralja Aleksandra	Ruzveltova-Bulevar Despota Stefana	2.1%
Beogradska/Starine Novaka	Cvijičeva - Slavija	1.7%
Glavna	Novogradska-Avijatičarski trg	0.7%
Karađorđeva	Nemanjina-Pariska	0.6%
Kružni put	Bul.Oslobođenja-Braće Jerković	0.5%
C. Dušana/Dž. Vašingtona/27.marta	T.Koščiška-Ruzveltova	0.5%
Francuska	Vasina-Cara Dušana	0.0%
Žička-Kralja Nik.-Mekenziejva	Grčića Milenka-Slavija	0.0%
Batutova	Bul. K. Aleksandra-D.Tucovića	0.0%

U daljem postupku analize za svaku deonicu utvrđena je prosečna vrednosti brzine u prekoračenju, dobijena kao aritmetička sredina svih trenutnih brzina tokom perioda vremena u kome je došlo do prekoračenja režimski definisane brzine, nezavisno od dužine trajanja. Na osnovu stepena prekoračenja brzine na saobraćajnici (Tabela 2), izdvajaju se tri kategorije:

- Kategorija I: saobraćajnice na kojima se realizuje prosečno prekoračenje brzine preko 15 km/h, i koje karakteriše realizacije saobraćajnog procesa u uslovima neprekinutih

tokova, slično uslovima na vangradskoj mreži;

- Kategorija II: saobraćajnice na kojima su registrovana prosečna prekoračenja brzine u granicama od 5-15 km/h, i u koje dominantno spadaju gradske magistrale i primarne gradske saobraćajnice;
- Kategorija III: saobraćajnice sa prosečnim prekoračenjem do 5 km/h, koje obuhvataju primarne i sekundarne saobraćajnice nižeg kapaciteta, odnosno saobraćajnice uže centralne gradske zone.

Tabela 2. Prosečne i maksimalne brzine po deonicama

Saobraćajnica	Deonica	Prosečna brzina u prekoračnju (km/h)	Maksimalna brzina (km/h)
<b>Most na Adi</b>	<b>Careva ćuprija-Jurija Gagarina</b>	<b>74.7</b>	<b>100.6</b>
<b>Radnička, Bul.V.Mišića</b>	<b>Kirovljeva-Mostar</b>	<b>68.2</b>	<b>83.7</b>
<b>Pančevački most</b>	<b>Branka Momirova-D.Srejovića</b>	<b>67.6</b>	<b>102.6</b>
<b>Brankova, Brankov most</b>	<b>Bulevar Nikole Tesle-Zeleni venac</b>	<b>65.4</b>	<b>77.5</b>
Bulevar Nikole Tesle	22.oktobra-Trešnjinog cveta	59.9	75.4
Zrenjaniski put	Ovčanski put-Branka Momirova	59.6	84.0
Bulevar Nikole Tesle	Trešnjinog cveta-Brankov most	59.5	77.3
Trgovačka	Jablanička-Obrenovački put	58.8	76.5
Jurija Gagarina	Dr Ivana Ribara-M. Milankovića	58.5	80.9
Bulevar Kralja Aleksandra	Gospodara Vučića-Ruzveltova	58.5	73.8
Marka Čelebonovića	Norveška-Partizanske Avijacije	58.0	67.8
Bulevar M.Milankovića	Tošin bunar-Milentija Popovića	58.0	67.6
Bulevar Oslobođenja 1	Crnotravska-Autokomanda	57.6	78.3
Severna tangenta	Ugrinovačka-Autoput	67.4	75.3
Bulevar Mihaila Pupina	O. brigada - Bul.Nikole Tesle	57.3	67.5
<i>Kružni put</i>	<i>Bul.Oslobođenja-Bračće Jerković</i>	53.0	54.4
<i>Beogradska/Starine Novaka</i>	<i>Cvijičeva - Slavija</i>	52.5	56.1
<i>Bulevar Kralja Aleksandra</i>	<i>Ruzveltova-Bulevar Despota Stefana</i>	52.4	54.9
<i>C. Dušana/Dž. Vašingtona/27.marta</i>	<i>T. Košička-Ruzveltova</i>	52.1	52.5
<i>Ugrinovačka</i>	<i>Severna tangenta-Novogradska</i>	51.7	57.0
<i>Glavna</i>	<i>Novogradska-Avijatičarski trg</i>	51.2	56.0
<i>Kumodraška</i>	<i>Darvinova-Ljubička</i>	51.0	52.2
<i>Karađorđeva</i>	<i>Nemanjina-Pariska</i>	50.7	61.3

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da na ostvarene vrednosti brzine saobraćajnog toka dominantno utiču:

- Tehničko-eksploatacione karakteristike saobraćajnice
- Stepem realizacije „neprekinutog“ toka (indirektno, gustina čvorova i način upravljanja)
- Položaj saobraćajnice u mreži, odnosno uticaj okruženja saobraćajnice.

#### 4. ZAKLJUČAK

Sistem regulativno-režimskog definisanja brzina kretanja u naselju ne sme se uspostaviti kao uniforman, jednostrano orijentisan sistem, već mora biti formiran kao rezultat kompromisa između efikasnosti, bezbednosti, troškova korisnika i uticaja na okruženje. Korisnici sistema će poštovati uspostavljena režimska ograničenja samo ako ih smatraju logičnim, odnosno ukoliko su uspostavljene vrednosti ograničenja bliske brzini koju

vozači smatraju odgovarajućom. Legislativno povećanje ili smanjenje brzine, koje bi se realizovalo isključivo na elementima saobraćajne signalizacije, uticalo bi na povećanje, odnosno smanjenje stepena kredibiliteta uspostavljenog režima, ali bez evidentnog uticaja na efikasnost i bezbednost. Formiranje kredibilnog režima brzina zahteva fizičku transformaciju ulične mreže i njenu podelu na elemente mreže namenjene dominantno motorizovanim, odnosno nemotorizovanim korisnicima.

U tom smislu, primena viših vrednosti ograničenja brzine na nekom segmentu mreže, mora biti baziran na konceptu obezbeđivanja ambijenta za dinamički saobraćaj, što podrazumeva:

- odgovarajuće tehničko-eksploatacione karakteristike saobraćajnice (veći broj saobraćajnih traka po smeru, razdelna ostrva, posebne trake za leva skretanja, niše sa JGTP i sl.);

- obezbeđivanje visokog stepen realizacije neprekinutog saobraćajnog toka (minimalan broj zaustavljanja), što se postiže smanjenjem gustine čvorova i primenom odgovarajućeg načina upravljanja (koordinisani rad signala);
- obezbeđivanje potpune kontrole pristupa na saobraćajnicu (redukcija broja priključaka, zabrana parkiranja, regulisanje snabdevanja, izgradnja servisnih saobraćajnica i dr.);
- Segregacija nemotorizovanih tokova duž saobraćajnice, odnosno njihova realizacija na kontrolisanim ukrštajima ili denivelisano.

Sa druge strane, fokus ka smanjenju opšteg ograničenja brzine odnosi se na elemente mreže najnižeg ranga (sekundarne saobraćajnice i lokalne ulice). Na pomenutim elementima mreže potrebno je formirati ambijent namenjen nemotorizovanim korisnicima i stacionarnom saobraćaju. U praktičnom smislu, to se postiže uvođenjem zona redukovanih brzina motorizovanog saobraćaja i to:

- Zone 30
- Zone škola
- Zone usporenog saobraćaja

Uvođenjem ovakvih zona spontano, samo na osnovu zakonske regulative koja prepoznaje njihov pojavni oblik, ne postižu se očekivani rezultati. U tom smislu, definisanje kriterijuma za njihovo uvođenje, kao i jasne smernice za primenu setova inženjerskih mera za prostorno

uređenje ovih zona, predstavljaju ključan element svrsishodnosti i očekivanih efekata primene istih.

## ZAHVALNICA

Rad je sastavni deo naučno-istraživačkog projekta "Uticaj globalnih izazova na planiranje saobraćaja i upravljanje saobraćajem u gradovima" TR36021 Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Čelar, N. i ostali. 2018. Osnove upravljanja svetlosnim signalima, Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [2] Goldenbeld, C., & van Schagen, I. (2007). The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1121–1130.
- [3] Lee, Y. M., Chong, S. Y., Goonting, K., & Sheppard, E. (2017). The effect of speed limit credibility on drivers' speed choice. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 45, 43-53.
- [4] "Studija upravljanja brzinama na teritoriji grada Beograda", Grad Beograd-Gradska uprava grada Beograd, Sekretarijat za saobraćaj, Institut saobraćajnog fakulteta u Beogradu, 2016.
- [5] Vladan Tubić, Nikola Čelar, Analiza brzina na putnoj uličnoj mreži u Republici Srbiji, 6. Međunarodna Konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici“ Republika Srpska, Banja Luka 26 – 27. oktobar 2017.

## SUMMARY

### SPEED MANAGEMENT ON THE STREET NETWORK

**Abstract:** *Speed management on the street network represents one of the basic administratively-technical measures in road traffic regulation, with a direct impact on traffic efficiency and road safety. In practice, speed management on the street network is most commonly employed exclusively in order to improve road safety. Consequence of this*

*unilateral approach in an urban area brings into question the credibility of such application. Research in this paper shows that, besides the primary function of achieving the desired level of road safety, posted speed limit must also be in accordance with the functional classification of the particular road in the network, technical and exploitative characteristics and the surroundings.*

**Keywords:** *urban network, speed management*

## PRIMJENA PTV EPICSA PRI DODJELI PRIORITETA JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU NA RASKRIŽJIMA

**Doc. dr. sc. Luka Novačko**, *Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, lnovacko@fpz.hr*

**Luka Dedić**, *mag. ing. traff., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, dedic.luka7@gmail.com*

**Karlo Babojelić**, *mag. ing. traff., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, kbabojelic@fpz.hr*

**Rezime:** *Povećanje individualnog prometa u pojedinim gradovima dovodi do neodrživih zagušenja te je nužno poticanje promjene modalne raspodjele u korist javnog gradskog prijevoza (JGP). Jedan od načina optimizacije prometnih tokova na semaforiziranim raskrižjima je prometno ovisno upravljanje prometnim tokovima, pomoću detektora, kamera ili sličnih uređaja za najavu i prepoznavanje određenog tipa vozila. U sklopu takvog sustava optimizacija bazirana na dodjeli prioriteta vozilima JGP – a, zbog smanjenih vremena putovanja, u konačnici rezultira povećanom iskoristivošću cijelog sustava. Dodjela prioriteta pojedinom modu prijevoza nije jednostavan proces zbog velikog broja međuovisnih i sigurnosnih prometnih parametara, a koje je potrebno kvalitetno uravnotežiti. Za dodjelu prioriteta moguće je koristiti programske alate za mikroskopsko modeliranje raskrižja. Jedan od takvih mikrosimulacijskih alata je PTV VISSIM koji u sklopu svog modula PTV EPICS, na temelju informacija prikupljenih iz detektora, upravlja svjetlosnom signalizacijom prema odabranoj vrsti prioriteta (dodjela prioriteta javnom prijevozu, individualnom prometu ili pješacima). PTV EPICS pomoću ugrađenih algoritama dodjeljuje prioritet na lokalnoj razini, tj. na razini izoliranog raskrižja, ali je u mogućnosti analizirati i podatke o nadolazećem prometu sa susjednih raskrižja. Podešavanjem parametara moguće je uspostaviti tranzitni prioritet javnog prijevoza, ali i relativni u odnosu na individualni promet. Odnosno moguće je dodjeljivanje prioriteta javnom prijevozu i pojedinim prijevozima individualnog prometa u svrhu optimizacije upravljanja prometnim tokovima.*

*Ovim radom opisane su mogućnosti PTV EPICS modula sagledavajući ponuđene parametre i težinske faktore dodjele prioriteta. U radu je prikazana primjena modula PTV EPICS za dodjelu prioriteta javnom prijevozu na primjeru koridora semaforiziranih raskrižja. Na temelju iskustva korištenja alata opisana su ograničenja potrebna za uspostavu tranzitnog prioriteta te relativnog prioriteta za vozila javnog i individualnog prometa.*

**Ključne reči:** *PTV VISSIM, PTV EPICS, mikrosimulacije, dodjela prioriteta javnom gradskom prijevozu*

### 1. UVOD

Povećanje cestovnog motornog prometa u pojedinim gradovima donosi neodrživa zagušenja i probleme u odvijanju

istog, ali i u odvijanju javnog gradskog prometa. Najznačajniji problemi stvaraju se na raskrižjima gdje dolazi do naglašene promjene smjerova vozila, smanjuje se sigurnost i dolazi do smanjenja propusne



moći prometnica. Rješenje se nameće u promjeni modalne raspodjele u korist javnog gradskog prometa. U mnogim slučajevima javni gradski promet nije dovoljno konkurentan individualnom prometu zbog smanjene brzine putovanja, nedovoljne frekvencije polazaka određenih linija ili položajem stanica javnog gradskog prometa koje se ne nalaze na mjestima značajne frekvencije putnika. Da bi se povećala brzina putovanja vozila javnog gradskog prometa, u mnogim gradovima na semaforiziranim raskrižjima zastupljeno je prometno ovisno upravljanje prometnim tokovima pomoću detektora, kamera ili sličnih uređaja za najavu i prepoznavanje vozila. U sklopu takvog sustava, optimizacija bazirana na dodjeli prioriteta vozilima JGP – a u konačnici rezultira povećanjem iskoristivosti cijelog prometnog sustava. Dodjela prioriteta pojedinom modu prijevoza nije jednostavan proces zbog velikog broja međuovisnih i sigurnosnih prometnih parametara (zaštitno međuvrijeme), a koje je potrebno kvalitetno uravnotežiti. Za dodjelu prioriteta moguće je koristiti programske alate za mikroskopsko modeliranje raskrižja. Jedan od takvih mikrosimulacijskih alata je PTV VISSIM koji u sklopu svog modula PTV EPICS, na temelju informacija prikupljenih iz detektora, upravlja svjetlosnom signalizacijom prema odabranoj vrsti prioriteta (dodjela prioriteta javnom prijevozu, individualnom prometu ili pješacima). U radu je prikazana primjena modula PTV EPICS za dodjelu prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza na koridoru semaforiziranih raskrižja u središnjem dijelu Grada Zagreba.

## 2. PROGRAMSKI MODUL PTV EPICS

Kako bi se riješio problem povećanja prijevozne potražnje na semaforiziranim

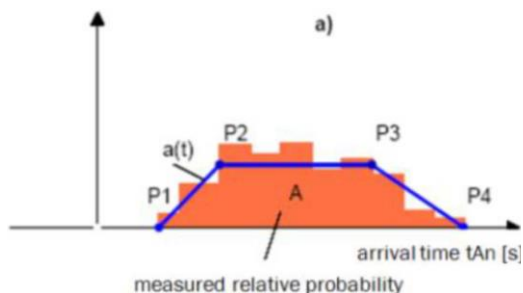
raskrižjima, sve je veći broj raskrižja upravljano ovisno o prometnoj potražnji. Tradicionalna varijanta takvih sustava bazirana je na principu impulsne (detektorske) reakcije koji su spojeni na upravljačke algoritme, a upravljački algoritmi sastoje se od vrlo kompleksnih elemenata („if – then“ upiti), posebno kada je u pitanju davanje prioriteta vozilima JGPa. Napredniji sustavi dodjele prioriteta javnom gradskom prijevozu temelje se na iterativnom pristupu. Na temelju ulaznih podataka tzv. modeli učinkovitosti proračunavaju različite scenarije optimizacije procesa. Na primjer, proračunavaju vremena čekanja svakog vozila ovisno o scenariju upravljanja, a scenarij s najmanjim ukupnim vremenom čekanja svih vozila bit će odabran kao optimalan [1]. PTV EPICS (Entire Priority Intersection Control System) je programski modul kojeg je razvio Joachim Mertz na Tehničkom sveučilištu u Münchenu [2]. Ukoliko je integriran u suvremeni semaforški uređaj, ovaj programski modul posjeduje mogućnost optimiziranja signalnih planova u vrlo kratkom roku (do jedne sekunde). Osnovne značajke PTV EPICS programskog modula su:

- svako raskrižje je lokalno upravljano
- posjeduje integriranu optimizaciju različitih prijevoznih modova (osobna vozila, JGP, biciklisti, pješaci)
- mogućnost davanja prioriteta vozilima JGP-a
- samokalibrirajući algoritmi (algoritmi „uče“ iz svakog izvršenog ciklusa na raskrižju i prilagođavaju se u sljedećem ciklusu)
- optimizacija signalnih planova u realnom vremenu
- mogućnost favoriziranja pojedinih modova prijevoza prema pojedinačnim težinskim koeficijentima.

PTV EPICS svake sekunde zahtijeva podatke od kontrolnog uređaja kako bi bio upoznat s prometnom situacijom. Podaci se prikupljaju pomoću detektora te osiguravaju kvalitetu i ažuriranost putem sljedećih parametara:

- trenutni signalni program,
- trenutna duljina ciklusa,
- podaci prikupljeni detektorima,
- zauzeće detektora (ukoliko je detektor zauzet više od 4 s, modul pretpostavlja da se rep čekanja nalazi iza detektora te počinje procijenjivati kolika je vrijednost istog),
- kvar detektora (kvar detektora predstavlja kritični problem zato što modul ne može ispravno raditi bez egzaktnih podataka prikupljenih detektorima. PTV EPICS definira „zamjensku“ vrijednost koristeći vrijednosti sa susjednih detektora).

PTV EPICS može raditi s detektorima koji se nalaze na bilo kojoj udaljenosti od zaustavne linije. Optimalna udaljenost kreće se od 50 do 80 metara, odnosno 4 do 6 sekundi kako bi semaforški uređaj mogao odgovarajuće reagirati na dolazeću skupinu vozila. PTV Epics posebnu pažnju obraća na vrijeme dolaska vozila javnog prijevoza od trenutka prve najave na senzoru do prolaska odjavnog senzora nakon prolaska kroz raskrižje. Razvija se posebna trapezoidna funkcija vjerojatnosti dolaska vozila do zaustavne linije (Slika 1). Ukoliko vozilo JGP-a koristi zajednički trak s privatnim prijevozom PTV Epics će produljiti trajanje zelenog svjetla ili uključiti signalnu grupu kako bi se ispraznio rep čekanja i omogućio nesmetani prolazak vozila javnog prijevoza. Bitno je napomenuti kako je u tom slučaju važno dodjeliti signalnu grupu vozila koja se kreće zajedno sa signalnom grupom u kojoj se kreće vozilo JGP-a [1].



Slika 1: Trapezoidalna funkcija vjerojatnosti vremena putovanja vozila javnog prijevoza od prve najave do zaustavne linije [1]

Relevantne vrijednosti koje ulaze u funkciju optimiziranja u PTV EPICSU su ukupno vrijeme kašnjenja i broj zaustavljanja vozila koji se izračunavaju zbrajanjem svih detektiranih prometnih tokova s odgovarajućim težinskim faktorom. „Performance Index (PI)“ se računa prema sljedećoj formuli:

$$PI(sp) = \sum_{sg \in SG} \alpha_{sg} D_{sg}(sp) + \beta \Delta(ref, sp) \quad (1)$$

gdje su:

SG - skup signalnih grupa

sp - signalni plan koji se optimizira

ref - referentni signalni plan

$\alpha_{sg}$  - težinski faktor signalne grupe sg

$D_{sg}$  - suma vremena kašnjenja signalne grupe sg u odgovarajućem vremenskom periodu

$\Delta$  - odstupanje optimiziranog signalnog plana od referentnog

$\beta$  - težinski faktor odstupanja od referentnog signalnog plana

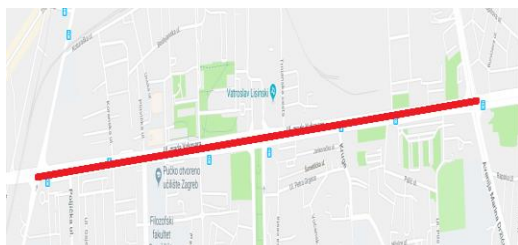
Navedena jednadžba u obzir uzima samo vrijeme kašnjenja vozila, ali je moguće uzeti u obzir i broj zaustavljanja vozila dodavanjem ukupnog broja zaustavljanja vozila po signalnoj grupi. Učinak broja zaustavljanja vozila na izračun PI može se kontrolirati pomoću težinskih faktora [1, 6].

### 3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Kao primjer testiranja programskog modula PTV EPICS-a odabran je tramvajski koridor i koridor cestovnog motornog



prometa omeđen raskrižjima Savske ceste – Ulice grada Vukovara te Držičeve avenije – Ulice grada Vukovara u Gradu Zagrebu. Odabrani koridor predstavlja jedan od glavnih longitudinalnih prometnih pravaca u središnjem dijelu Grada Zagreba. U tom koridoru nalaze se raskrižja s najvećim prometnim opterećenjem u središnjem dijelu Grada Zagreba, a to su Ulica grada Vukovara – Ulica Hrvatske bratske zajednice te već spomenuto raskrižje Držičeve avenije – Ulice grada Vukovara. U analiziranom koridoru nalazi se još nekoliko raskrižja, no u ovom članku su spomenuta i prikazana samo najznačajnija. Slikom 2 prikazan je koridor analiziranih raskrižja.



Slika 2: Prostorni obuhvat

Terensko snimanje prometa na navedenim raskrižjima obavljeno je u jutarnjem vršnom periodu radnim danima od 7:00 do 9:00 u mjesecu travnju 2017. godine. U jutarnjem vršnom periodu zabilježeno je:

- Savska cesta – Ulica grada Vukovara 10195 ekvivalent jedinica automobila [EJA],
- Miramarske ceste i Ulice grada Vukovara 11769 [EJA],
- Hrvatske bratske zajednice i Ulice grada Vukovara 14400 [EJA],
- Držičeve avenije i Ulice grada Vukovara 14883 [EJA].

U tablici 1 prikazane su vrijednosti maksimalnog repa čekanja, vremena čekanja i razine usluge simulacijskog modela postojećeg stanja.

Tablica 1: Vrijednosti postojećeg stanja simulacijskog modela u jutarnjem vršnom periodu

Raskrižje	Privoz	Razina usluge (LOS)	Maksimalan rep čekanja [m]	Vrijeme čekanja [s]
1. Savska cesta - Vukovarska ulica	1	F	218,6	186,2
	2	F	511,4	156,1
	3	E	165,7	59,4
	4	D	167,1	46,5
2. Miramarska cesta - Vukovarska ulica	1	D	180,3	38,7
	2	E	39,5	56,5
	3	E	396,4	69,6
	4	D	87	53,4
3. Ulica Hrvatske bratske zajednice - Vukovarska ulica	1	D	212,1	45,9
	2	D	419,4	50,7
	3	F	302,5	129,7
	4	A	26,1	8,8
4. Držičeva avenija - Vukovarska ulica	1	F	510,8	190
	2	F	372,7	146
	3	F	238,9	109,6
	4	E	193,2	57,1

Tablica 1 upućuje na značajne repove čekanja na svim raskrižjima od kojih je najveći zabilježen na privozu 2 raskrižja Savske ceste – Vukovarske ulice, a koji iznosi 511,4 [m]. Najveće vrijeme čekanja vozila zabilježeno je na privozu 1 istog raskrižja, a iznosi 186,2 [s] što odgovara razini usluge F prema HCM metodologiji [3].

Potrebno je naglasiti kako ovim koridorom prolaze tri tramvajske linije:

- linija 3: Ljublanica – Savišće,
- linija 5: Prečko – Dubrava,
- linija 13: Žitnjak – Kvaternikov Trg.

Tablicom 2 prikazani su rezultati simulacijskog modela postojećeg stanja tramvajskog prometa na navedenim linijama koje prometuju duž Ulice grada Vukovara. Iz tablice je vidljivo kako najmanja prosječna brzina putovanja iznosi 10,5 [km/h], a zabilježena je na liniji 5, smjer Prečko – Dubrava. Najveća prosječna brzina putovanja iznosi 13 [km/h], a zabilježena je na istoj liniji suprotnog smjera. Prosječna brzina putovanja na

dionici Ulice grada Vukovara na kojoj prometuju ove tramvajske linije iznosi 12,0 [km/h].

*Tablica 2: Rezultati simulacijskog modela postojećeg stanja tramvajskog prometa*

Tram	Broj Vozila	Prosječno vrijeme putovanje [s]	Udaljenost [m]	Prosječna brzina putovanja tramvaja [km/h]
Tram 3 - Savišće - Ljubljanića	8	985,37	3356	12,3
Tram 3 - Ljubljanića - Savišće	9	1073,98	3364	11,3
Tram 5 - Prečko - Dubrava	11	1028,90	3000	10,5
Tram 5 - Dubrava - Prečko	10	827,98	2991	13,0
Tram 13 - Žitnjak - Kvaternikov trg	10	897,30	3187	12,8
Tram 13 - Kvaternikov trg - Žitnjak	10	951,28	3182	12,0

Može se zaključiti kako zabilježene prosječne brzine tramvaja ne predstavljaju konkurenciju individualnom cestovnom motornom prometu te ne doprinose promjeni modalne raspodjele u korist javnog gradskog prometa i smanjenju značajnih repova čekanja i vremena putovanja.

#### 4. VALIDACIJA SIMULACIJSKOG MODELA

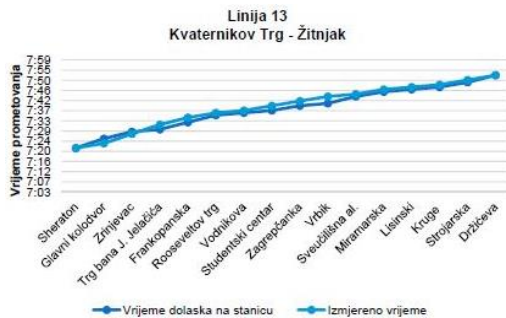
Validacija simulacijskog modela postojećeg stanja cestovnog motornog prometa napravljena je pomoću GEH statistike. Usporedbom dvaju prometnih volumena (simulacijskog modela i stvarnog stanja), izračunava se podudarnost simulacijskog modela sa stvarnim stanjem. Iako GEH formula ima sličnosti sa  $X^2$  (Hi-kvadrat) testom, ona nije statistička već empirijska formula koja se pokazala korisna u analizi prometnih tokova. U tablici 3 prikazane su vrijednosti GEH statistike svakog privoza na odabranim

raskrižjima. Za prometno modeliranje početnog stanja GEH koeficijent pri usporedbi prometnih opterećenja, koji je manji od 5 upućuje na dobru kalibraciju simulacijskog modela. Nadalje 85% sveukupnog prometnog volumena bi trebalo imati GEH koeficijent manji od 5. Suprotno tomu, ako je koeficijent veći od 10 rezultati usporedbe upućuju na nedostatak modela te nemogućnost prikaza stvarnog stanja. Vidljivo je kako niti jedna vrijednost nije veća od 5 te je za zaključiti da je simulacijski model vjerodostojan i dobro predstavlja stvarno stanje [3, 4, 5, 7].

*Tablica 3: Prikazane vrijednosti GEH statistike na analiziranom koridoru*

Raskrižje	Privoz	Brojano vozila	Broj vozila izmjeren u Vissim-u	GEH
1. Savska cesta - Vukovarska ulica	1	2757	2735	0,42
	2	2518	2567	0,97
	3	2512	2520	0,16
	4	1763	1684	1,90
2. Miramarska cesta - Vukovarska ulica	1	3669	3538	2,18
	2	331	311	1,12
	3	5747	5655	1,22
	4	1470	1374	2,55
3. Ulica Hrvatske bratske zajednice - Vukovarska	1	3552	3471	1,37
	2	5587	5507	1,07
	3	3998	3942	0,89
	4	424	385	1,94
4. Držićeva avenija - Vukovarska ulica	1	3272	3095	3,14
	2	3209	3425	3,75
	3	2615	2847	4,44
	4	3889	4010	1,93

Za validaciju javnog gradskog prijevoza prikupljeni su podaci o vremenima putovanja spomenutih linija. Napravljena je usporedba vremena putovanja tramvaja i zaustavljanja po stanicama stvarne situacije i situacije modela. Grafikonom 1 i 2 prikazani su podaci o vremenima putovanja linije 13 po stanicama u oba smjera.



Grafikon 1: Usporedba vremena putovanja dobivenih simulacijom i stvarno izmjenjenog vremena za liniju 13 smjer Kvaternikov trg – Žitnjak



Grafikon 2: Usporedba vremena putovanja dobivenih simulacijom i stvarno izmjenjenog vremena za liniju 13 smjer Žitnjak – Kvaternikov trg

Grafikonom 1 vidljivo je kako ukupno vrijeme putovanja u smjeru Kvaternikov trg – Žitnjak nema značajnih odstupanja, dok je u suprotnom smjeru zabilježeno odstupanje vremena putovanja u iznosu od 6,89%.

## 5. PRIMJENA PTV EPICSA I GLAVNI REZULTATI SIMULACIJSKOG MODELA

Prioriteti tramvajskog prometa izrađeni su u programskom modulu PTV EPICS simulacijskog alata PTV VISSIM. Navedeni modul omogućuje da se težinskim koeficijentima vrednuju prioriteti individualnog ili tramvajskog prometa. Prioritet se pruža vozilima javnog gradskog prijevoza u slučaju kada vozilo pošalje zahtjev za prioritetom upravljačkom centru semaforškog sustava. Nakon slanja zahtjeva, prioritet se „aktivira“ u okviru

minimalnih sigurnosnih parametara (potrebno je omogućiti da pješaci koji su stupili na pješački prijelaz sigurno prijeđu prometnicu, a individualnim vozilima da se ostvari minimalno trajanje zelenog svjetla definirano signalnim planom).

Primjenjeno je nekoliko metoda pomoću kojih je moguće ostvariti prioritet javnog gradskog prometa na raskrižjima, a to su:

- *tranzitni prioritet* (vozila javnog gradskog prijevoza dobivaju prioritetan prolazak raskrižjem, bez obzira koja faza je aktivna. Nakon dovršetka aktivne faze, uzimajući u obzir zaštitno međuvrijeme i minimalno trajanje zelenog svjetla, odmah se aktivira faza zelenog svjetla koja omogućuje prolazak vozila javnog gradskog prijevoza bez čekanja),
- *relativni prioritet* (takva vrsta prioriteta tramvajskog prometa nazvana je relativnom jer se tramvajima na tim raskrižjima ne daje prioritetni prolaz već on ovisi o duljini repa čekanja individualnih vozila na privozima).

Tranzitni prioritet definira se pomoću težinskih faktora. Kako bi se postigao bolji učinak, optimizacija u Epicsu podijeljena je u dva koraka. U prvom koraku pomoću „branch-and-bound“ algoritma određena je faza signalnog programa, a u drugom koraku pomoću „hill – climbing“ algoritma postiže se fino optimiziranje signalnog plana. Navedeni algoritmi stvaraju odnose među težinskim faktorima javnog gradskog prometa i individualnog prometa [6].

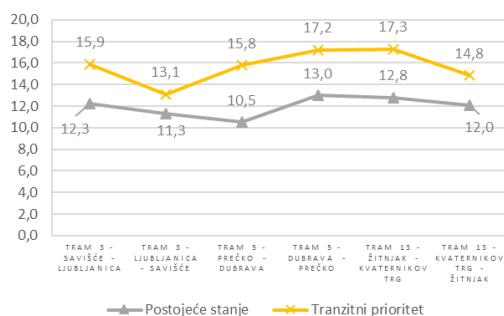
Ključni rezultati simulacijskog modela tranzitnog prioriteta vidljivi su u tablici 4.

Grafikonom 3 prikazana je usporedba prosječnih brzina putovanja tramvaja postojećeg stanja i tranzitnog prioriteta.

**Tablica 4. Rezultati simulacijskog modela tranzitnog prioriteta**

Tram	Broj Vozila	Prosječno vrijeme putovanje [s]	Udaljeno st [m]	Prosječna brzina tramvaja m/s	Prosječna brzina putovanja tramvaja [km/h]
Tram 3 - Savišće - Ljubljaniica	8	761	3356	4,4	15,9
Tram 3 - Ljubljaniica - Savišće	10	925	3364	3,6	13,1
Tram 5 - Prečko - Dubrava	10	685	3000	4,4	15,8
Tram 5 - Dubrava - Prečko	10	626	2991	4,8	17,2
Tram 13 - Žitnjak - Kvaternikov trg	10	663	3187	4,8	17,3
Tram 13 - Kvaternikov trg - Žitnjak	10	772	3182	4,1	14,8

**USPOREDBA PROSJEČNIH BRZINA PUTOVANJA TRAMVAJA [KM/H]**



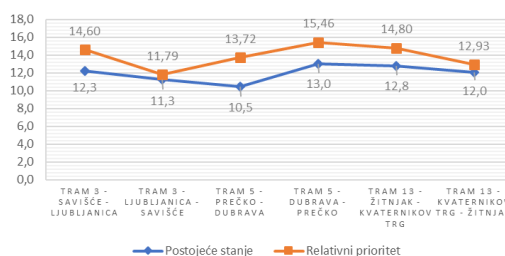
**Grafikon 3. Usporedba prosječnih brzina putovanja tramvaja [km/h]**

Najmanje povećanje prosječne brzine putovanja tramvaja zabilježeno je na liniji 3 Ljubljaniica – Savišće, a iznosi 16,1%. Najveće povećanje prosječne brzine tramvaja iznosi 50,3%, a zabilježeno je na liniji 5 Prečko – Dubrava (Grafikon 3). Potrebno je naglasiti kako je prilikom uspostavljanja tranzitnog prioriteta došlo do povećanja prosječne brzine tramvaja, no došlo je do zastoja individualnog cestovnog prometa na skoro svim privozima odabranog prostornog obuhvata, odnosno povećali su se repovi čekanja i vremena kašnjenja. Ovakav scenarij rezultirao je uvođenjem relativnog

prioriteta javnom gradskom prometu. Uvođenjem relativnog prioriteta omogućilo se odvijanje individualnog cestovnog motornog prometa na poprečnim privozima navedenog koridora bez zastoja. Individualnom cestovnom prometu dodjeljena je veća važnost u odnosu na tranzitni tramvajski promet smanjenjem težinskih faktora.

Grafikonom 4 prikazane su prosječne brzine putovanja tramvaja nakon uspostave relativnog prioriteta. Vidljivo je kako je najmanje povećanje prosječne brzine zabilježeno na liniji 3 smjer Ljubljaniica – Savišće, a iznosi 4,6%. Najveće povećanje prosječne brzine putovanja nakon uvođenja relativnog prioriteta iznosi 30,7%, a zabilježeno je na liniji 5, smjer Prečko – Dubrava.

**USPOREDBA PROSJEČNIH BRZINA PUTOVANJA TRAMVAJA [KM/H]**



**Grafikon 4. Usporedba prosječnih brzina putovanja tramvaja nakon uvođenja relativnog prioriteta**

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu, prioriteti javnom gradskom prometu (tramvajskom prometu) simulirani su pomoću programskog modula PTV EPICS mikrosimulacijskog alata PTV VISSIM. Prioritet se pruža vozilima javnog gradskog prijevoza u slučaju kada vozilo pošalje zahtjev za prioritetom upravljačkom centru semaforiskog sustava. Prilikom uspostavljanja tranzitnog prioriteta došlo je do povećanja brzine putovanja tramvaja, no došlo je do zastoja individualnog prometa na skoro svim privozima analiziranog prostornog obuhvata. Ovakav

scenarij rezultirao je uvođenjem relativnog prioriteta javnom gradskom prijevozu te bi se ovakvim scenarijem omogućilo odvijanje individualnog prometa na poprečnim privozima analiziranog koridora bez zastoja, ali bi se i smanjilo vrijeme putovanja javnim gradskim prijevozom.

## LITERATURA

- [1] PTV EPICS manual, 2016.,
- [2] Mertz, J. (2001). Ein mikroskopisches Verfahren zur verkehrsadaptiven 32 Knotenpunktsteuerung mit Vorrang des öffentlichen Verkehrs (Dissertation). 33 Veröffentlichung des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung, TU München.
- [3] HCM Methodology, 2010.
- [4] Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software
- [5] Transport for London, Traffic Modelling Guidelines, version 3, London, 2010.
- [6] Klanac, I., Stevanovic, A., Radivojevic, D., Soltani S. Ali, Ostojic, M. (2016). Evaluation of Epics Adaptive Traffic Signal Control in Microsimulation Environment
- [7] Novačko, L., Šimunović, Lj., Krasić, D.: Estimation Of Origin-Destination Trip Matrices For Small Cities, Promet - Traffic & Transportation, 26 (2014).

## SUMMARY

### APPLICATION OF PTV EPICS FOR PT PRIORITY ON INTERSECTIONS

**Abstract:** *The increase in individual traffic in certain cities leads to unsustainable congestion and it is necessary to encourage modal split in favor of public transport. One of the ways of optimizing traffic flows on signalized intersections is traffic dependent management, with detectors, cameras or similar devices for notification and recognition of a particular type of vehicle. As part of such a system one of the measures to encourage greater use of public transport is the public transport prioritization on intersections. Prioritizing a particular mode of transport is not a simple process due to the large number of interdependent and safety traffic parameters, which need to be balanced. For prioritization, it is possible to use software tools for microscopic modeling of intersections. One of these software tools is PTV VISSIM which, based on the information collected from the detector, controls the traffic lights according to the selected type of priority (public transport prioritization, individual traffic or pedestrians) as part of its PTV EPICS module. PTV EPICS uses embedded algorithms to prioritize locally, i.e. at the level of an isolated intersection, but it is also able to analyze data on upcoming traffic from adjacent intersections. By setting the parameters, it is possible to establish an absolute priority of public transport, but also relative priority to the individual traffic. It is, of course, possible to assign priority to public transport and to certain approaches of individual traffic in order to optimize traffic flow management.*

*This paper describes the possibilities of the PTV EPICS module by considering the parameters and ponders offered. The paper presents the application of PTV EPICS module for prioritization of public transport on the example of the corridor of signalized intersections. Based on the experience of using the tool, there are described the constraints needed to establish the absolute priority and the relative priority for the vehicles of public and individual traffic.*

**Key words:** *PTV VISSIM, PTV EPICS, microsimulations, public transport prioritization*

## KALIBRACIJA VISSIM-A ZA NEZAŠTIĆENO LEVO SKRETANJE NA SIGNALISANIM RASKRSNICAMA U BEOGRADU

**Anica Kocić**, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, nana.anica.kocic@gmail.com

**Nikola Čelar**, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, n.celar@sf.bg.ac.rs

**Stamenka Stanković**, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Simulacije se često koriste kao alternativan način sprovođenja eksperimenata i analiza. Simulacija predstavlja imitiranje ili funkcionisanja različitih tipova objekata ili procesa iz realnog sveta. Iz tog razloga su mikrosimulacioni modeli pronašli široku primenu u saobraćajnom inženjerstvu, posebno u oblasti upravljanja saobraćajem. Međutim, da bi ovi simulacioni modeli bili korisni za inženjere, moraju biti kalibrisani i provereni pre upotrebe. Kalibrisanjem brojnih ulaznih parametara na lokalne uslove postižu se pouzdaniji rezultati. Ovaj rad predstavlja kalibrisanje mikrosimulacionog modela VISSIM na lokalne uslove u Beogradu, konkretno za raskrsnice sa nezaštićenim levim skretanjem iz ekskluzivne trake. Ulazni parametri koji su kalibrisani su prihvatljiv interval sleđenja i rastojanje između vozila u redu za standardne gradske uslove. Za potrebe kalibracije ovih parametara, sprovedena su istraživanja na terenu radi prikupljanja neophodnih podataka. Nakon kalibracije, model je validiran poređenjem rezultata simulacije sa rezultatima istraživanja na terenu.

**Ključne reči:** nezaštićeno levo skretanje, raskrsnica, VISSIM, kalibracija

### 1. UVOD

Mikrosimulacioni modeli imaju široku primenu u saobraćajnom inženjerstvu, jer omogućavaju da se primenom računara imitira ili simulira funkcionisanje različitih tipova objekata ili procesa iz realnog sveta. Pored toga, simulacije su bezbednije, jeftinije i brže nego istraživanja na terenu, te se često koriste kao alternativan način sprovođenja eksperimenata i analiza. Sprovođenje istraživanja primenom simulacionih modela može biti prouzrokovano neadekvatnim uzorkom ili uslovima na terenu koji se žele istražiti.

Da bi simulacioni modeli bili korisni za inženjere, moraju biti kalibrisani i provereni pre upotrebe. Kalibrisanjem brojnih ulaznih parametara na lokalne uslove postižu se pouzdaniji rezultati. Predmet kalibracije mogu biti parametri koji se odnose na upravljanje saobraćajem,

ponašanje vozača ili karakteristike saobraćajnog toka. Međutim, zbog otežanih istraživanja na terenu ili nedostupnih procedura o kalibraciji, istraživanja se često sprovode i sa preporučenim (default) ulaznim parametrima.

Pored kalibracije, značajan korak predstavlja i validacija modela. Validacija podrazumeva proveru tačnosti rezultata koje model daje, najčešće poređenjem tih rezultata sa rezultatima terenskih istraživanja.

Ovaj rad predstavlja kalibrisanje mikrosimulacionog modela PTV (Planung Transport Verkehr AG) VISSIM 5.30 na lokalne uslove u Beogradu, konkretno za raskrsnice sa nezaštićenim levim skretanjem iz ekskluzivne trake. Kalibrisanje je izvršeno za potrebe istraživanja zasićenog saobraćajnog toka nezaštićenog levog skretanja na teritoriji



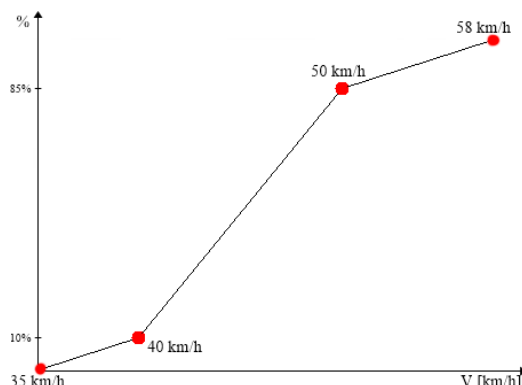
Beograda. Ulazni parametri koji su kalibrirani, jer se istuču kao najznačajniji, su rastojanje između vozila u redu (standstill distance) i prihvatljiv interval sleđenja (minimum gap time) za standardne gradske uslove [1, 3]. Za potrebe kalibracije ovih parametara sprovedena su istraživanja na terenu radi prikupljanja neophodnih podataka. Pored toga, sprovedena su istraživanja i za potrebe validacije modela, koja je takođe opisana u ovom radu.

## 2. KALIBRACIJA

VISSIM je veoma koristan alat u vrednovanju alternativnih saobraćajnih rešenja i u utvrđivanju efekata planerskih mera. Pored motorizovanog saobraćaja mogu se modelirati i pešački tokovi. Kao u svim programima za simuliranje saobraćaja, i VISSIM je baziran na matematičkim modelima koji opisuju ponudu saobraćajnog sistema, kao i modelima kojima se opisuje potražnja, tj. kretanje ljudi i vozila u saobraćajnom sistemu. Kalibracijom ulaznih parametara modela postiže se tačnost u simuliranju realnih uslova u saobraćajnom toku.

Pre postupka kalibracije neophodno je prilagoditi predmetnu saobraćajnu mrežu lokalnim uslovima. Pod tim se podrazumeva da je širina saobraćajne trake podešena na 3 m, sa uobičajenih 3,5 m u modelu, obzirom da je to širina saobraćajne trake na gradskim saobraćajnicama. Dalje je definisana raspodela brzina kretanja od 35 do 58 km/h, sa 10% vozila koja se kreću brzinama ispod 40 km/h i 15% vozila koja se kreću brzinama iznad 50 km/h (Grafik 1).

Na objektu modela (konektoru) koji predstavlja predmetno levo skretanje definisana je zona redukovane brzine od 25 do 30 km/h sa maksimalnim usporenjem  $2 \text{ m/s}^2$ .



Grafik 1: Raspodela brzina definisana u VISSIM-u

Određivanjem tipa saobraćajnice definiše se različito ponašanje vozača na gradskoj i vangradskoj mreži (modeli Wiedemann 74 i Wiedemann 99), te je za predmetnu saobraćajnu mrežu definisano da je tip saobraćajnice gradska ulična mreža sa motorizovanim saobraćajem (model Wiedemann 74). Obrascima (1, 2) je opisan način utvrđivanja rastojanja između dva uzastopna vozila u sleđenju prema Wiedemann-ovom modelu:

$$d = ax + bx \text{ [m]} \quad (1)$$

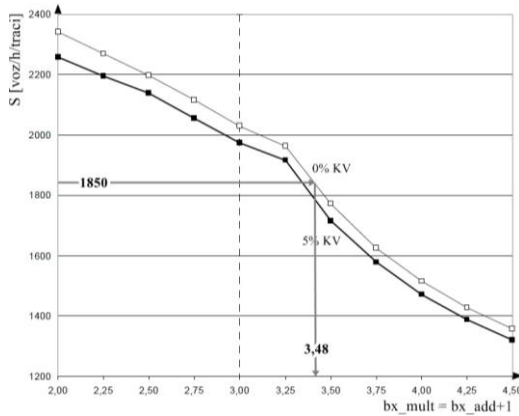
$$bx = (bx\_add + bx\_mult * z) * \sqrt{v} \text{ [m]} \quad (2)$$

gde su:

$ax$  - prosečno željeno rastojanje između zaustavljenih vozila [m], varijacija  $\pm 1 \text{ m}$ ,  
 $bx$  - željeno bezbedno rastojanje [m],  
 $bx\_add$  - dodatni deo željenog bezbednog rastojanja [m], predložena vrednost 2 m,  
 $bx\_mult$  - multiplikativni deo željenog bezbednog rastojanja [m], predložena vrednost 3 m,  
 $v$  - brzina vozila [m/s],  
 $z$  - konstanta [-], ima vrednost u rangu [0, 1] koja je normalno raspoređena oko 0,5 sa standardnim odstupanjem 0,15.

Prema ovom modelu u VISSIM-u je definisan bazni dijagram zavisnosti zasićenog saobraćajnog toka (ZST) trake za pravo od multiplikativnog dela željenog bezbednog rastojanja, za raspodelu brzina od 48 do 58 km/h i jednostručni link (jedna

saobraćajna traka po smeru) (Grafik 2). Obzirom da je zavisnost zasićenog toka prikazana u odnosu na multiplikativni deo željenog bezbednog rastojanja, ova veličina predstavlja predmet kalibracije.

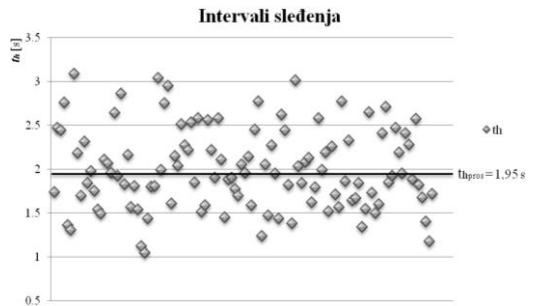


Grafik 2: Zavisnost ZST od multiplikativnog dela bezbednog rastojanja prema modelu Wiedemann 74 [7]

Može se uočiti da je za, modelom predloženu vrednost,  $bx\_mult = 3$  m veličina ZST oko 2000 voz/h/traci (za 0 i 5% komercijalnih vozila u toku). Međutim, istraživanjem na 2 raskrsnice u Beogradu sa nezaštićenim levim skretanjem, utvrđeno je da vrednost zasićenog toka trake za pravo iznosi 1850 PA/h. Pri utvrđivanju vrednosti zasićenog toka primenjena je metoda bazirana na snimanju intervala sleđenja vozila pomoću mobilnog telefona opremljenog aplikacijom za snimanje intervala sleđenja. Uzorak je činilo 114 snimljenih vrednosti intervala sleđenja putničkih automobila (u skladu sa definicijom zasićenog toka). Na osnovu definisanog uzorka, utvrđena je prosečna vrednost intervala sleđenja putničkih automobila, 1,95 s, koja je korišćena u proračunu vrednosti ZST (Grafik 3).

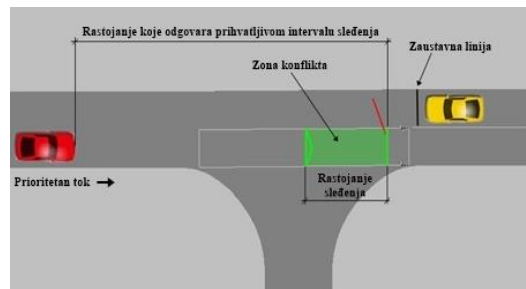
Na Grafiku 2 je prikazano da je na osnovu utvrđene vrednosti zasićenog toka određena vrednost  $bx\_mult = 3,48$  m, i shodno tome  $bx\_add = 2,48$  m. Ove

vrednosti su u skladu sa navodima da je prihvatljiva vrednost  $bx\_add$  od 1 do 3 m [5]. Nakon kalibracije ovih ulaznih parametara postignuta je i bazna vrednost zasićenog toka levog skretanja jednaka 1700 PA/h/traci, što je u skladu sa ranijim nalazima [2].



Grafik 3: Vrednosti intervala sleđenja vozila u konfliktnom toku na dve raskrsnice

Dalje je definisano pravilo prioriteta, s obzirom na to da je konfliktni tok prioritetan u odnosu na predmetno levo skretanje. Logika formiranja pravila prioriteta za konkretno istraživanje, je prikazana na Slici 1.



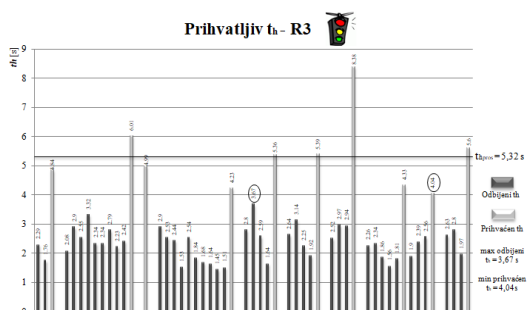
Slika 1: Logika formiranja pravila prioriteta

Definisanjem pravila prioriteta određuje se mesto gde se vozilo u levom skretanju, nakon prolaska zaustavne linije, mora zaustaviti da bi propustilo vozilo iz konfliktnog toka, ukoliko je to vozilo na određenoj udaljenosti od konfliktne tačke. Pri definisanju pravila prioriteta, osnovni parametar je prihvatljiv interval sleđenja za vozila u levom skretanju. Prihvatljiv interval sleđenja, definisan u okviru pravila prioriteta, predstavlja graničnu vrednost.



Naime, ukoliko je trenutni interval sleđenja vozila u konfliktnom toku manji od kritičnog, vozilo koje skreće levo neće realizovati svoje skretanje. Trenutni interval sleđenja se utvrđuje na osnovu trenutnog rastojanja vozila prioritnog toka od konfliktne tačke i brzine tog vozila.

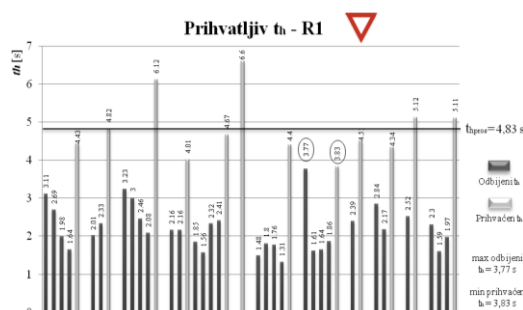
Obzirom da ovaj parametar direktno utiče na ponašanje vozila u levom skretanju kada je ono nezaštićeno, kritična vrednost intervala sleđenja je takođe predmet kalibracije. U VISSIM-u je definisana kritična vrednost intervala sleđenja od 3 s, a istraživanjem ovog parametra, na tri raskrsnice u Beogradu, je utvrđeno da lokalnim uslovima odgovara vrednost od 5 s. Istraživanja su sprovedena na dve raskrsnice regulisane horizontalnom i vertikalnom signalizacijom i jednoj koja je regulisana svetlosnom signalizacijom. Na graficima 4, 5 i 6 su prikazani rezultati o odbijenim, prihvaćenim i prosečnim prihvaćenim intervalima sleđenja.



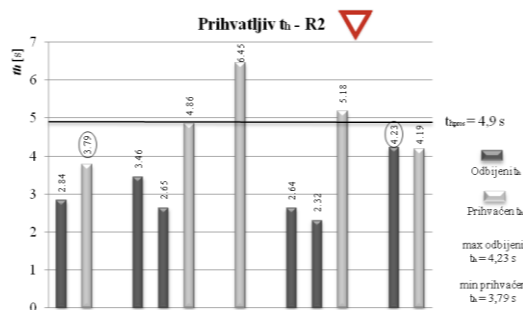
Grafik 6: Intervalsi sleđenja na R3 - regulisana svetlosnom signalizacijom

Rezultati pokazuju da su vrednosti prosečnih prihvaćenih intervala sleđenja sa posmatranih raskrsnica oko 5 s, sa odstupanjima do 3, 2 i 6% za R1, R2 i R3 respektivno.

Usvojena vrednost, na koju je kalibrisan prihvatljiv interval sleđenja u VISSIM-u, je prosečna za sve posmatrane raskrsnice, sa neznatnim odstupanjima. Literatura, takođe, predlaže vrednost 5 s [8], a neki od predloga bliskih usvojenoj vrednosti, su i 4,5 s [6] i 5,5 s [4].



Grafik 4: Intervalsi sleđenja na R1 - regulisana horizontalnom i vertikalnom signalizacijom



Grafik 5: Intervalsi sleđenja na R2 - regulisana horizontalnom i vertikalnom signalizacijom

### 3. VALIDACIJA

Validacija VISSIM-a je, nakon kalibracije, izvršena poređenjem rezultata simulacija sa rezultatima terenskih istraživanja.

Istraživanja za potrebe validacije modela su sprovedena na pet raskrsnica sa nezaštićenim levim skretanjem na teritoriji Beograda. Pri tome su beleženi zasićen saobraćajni tok levog skretanja ( $S_L$ ), dužina trajanja zelenog signalnog pojma i trajanja ciklusa, kao i broj vozila u konfliktnom toku tokom sat vremena, za svaku od raskrsnica. Zasićen saobraćajni tok je izlazna veličina istraživanja primenom modela, te je ova veličina snimana radi poređenja i provere pouzdanosti modela. Ostale navedene veličine su beležene radi prilagođavanja modela i opisivanja posmatranih raskrsnica.

U Tabeli 1 su dati rezultati terenskih istraživanja (T) i rezultati simulacija pre i

posle kalibracije ( $S_{preK}$  i  $S_{posleK}$ ), kao i odnosi rezultata terenskih istraživanja i rezultata simulacije pre i posle kalibracije, za svaku od raskrsnica. Ovaj pristup je usvojen, jer

se jasno može uočiti kolika su odstupanja rezultata simulacije od realnih vrednosti (idealna vrednost  $T/S$  je 1, odnosno rezultati oba istraživanja su jednaki).

*Tabela 1: Rezultati terenskih istraživanja i iz modela  
Zasićen saobraćajni tok levog skretanja [PA/h]*

Rask.	Terensko istraživanje	Rezultati simulacije pre kalibracije	Rezultati simulacije posle kalibracije	$T/S_{preK}$ [-]	$T/S_{posleK}$ [-]
	T	$S_{preK}$	$S_{posleK}$		
<b>R1</b>	419	936	595	0.45	0.70
<b>R2</b>	419	940	602	0.45	0.70
<b>R3</b>	1545	2053	1635	0.75	0.94
<b>R4</b>	417	876	573	0.48	0.73
<b>R5</b>	737	1146	840	0.64	0.88

Poređenjem vrednosti u kolonama  $T/S_{preK}$  i  $T/S_{posleK}$ , uočavamo da su odstupanja rezultata simulacije od realnih vrednosti znatno veća pre kalibracije, nego nakon (i preko 50%). Iako rezultati pokazuju da model i posle kalibracije daje veće vrednosti od realnih, može se zaključiti da je kalibracijom postignuta znatno veća preciznost modela.

Ukoliko posmatramo rezultate kalibrisanog modela, uočava se da su odstupanja manja za R3 i R5 (6 i 12%), dok su ta odstupanja značajnija za R1, R2 i R4 (čak do 30%). Važno je napomenuti da su R3 i R5 raskrsnice sa jednom trakom u konfliktnom toku, a R1, R2 i R4 sa dve. Naime, usvojena je jedna vrednost prihvatljivog intervala sleđenja (5 s) bez obzira na broj traka u konfliktnom toku, uz pretpostavku da je manja verovatnoća pojave tog intervala sleđenja u slučaju većeg broja traka. Ova odluka je doneta, jer nije bilo moguće pouzdano utvrditi vrednost prihvatljivog intervala sleđenja za raskrsnice sa dve trake u konfliktnom toku.

Ipak, na osnovu rezultata, dolazi se do zaključka da je za raskrsnice sa jednom trakom u konfliktnom toku kalibracijom

postignuta zadovoljavajuća preciznost modela, dok je model nepouzdan u slučaju raskrsnice sa dve (ili više) traka u konfliktnom toku, uprkos kalibraciji.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kalibracija modela je veoma značajan korak ka preciznom opisivanju realnog sveta modelom. Međutim, postupak kalibracije je veoma složen i zahtevan, jer, iako je za kalibrisanje neophodno prikupiti određene podatke istraživanjima na terenu, to nekada nije moguće.

Ovaj rad predstavlja kalibraciju ulaznih parametara mikrosimulacionog modela VISSIM na osnovu istraživanja koja je bilo moguće sprovesti u realnim uslovima. Pokazano je da nije postignuta odgovarajuća pouzdanost modela u slučaju raskrsnice sa dve trake u konfliktnom toku, zbog neadekvatne kalibracije, premda nije bilo moguće potpuno istražiti neophodne parametare. Iz tog razloga se preporučuje dodatno istraživanje radi preciznije kalibracije, čak i za slučaj raskrsnice sa jednom trakom u konfliktnom toku, jer, iako je kalibracija doprinela većoj preciznosti modela, ipak postoje određena odstupanja. Preporuka je, pored

parametara koji su bili predmet kalibracije, istražiti i usporejati i ubrzanja vozila. Pored toga, tokom izrade ovog rada, istakao se nedostatak VISSIM-a koji se odnosi na definisanje granične vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja, jer je ovaj parametar krucijalan pri istraživanju nezaštićenih levih skretanja. Naime, definiše se samo jedna vrednost, bez mogućnosti definisanja raspodele vrednosti prihvatljivog intervala sleđenja u određenom rasponu vrednosti, a jasno je da se ne ponašaju svi vozači isto, prihvatajući istu vrednost intervala sleđenja. Ovaj nedostatak može uticati na nepouzdanost modela uprkos kalibraciji.

## LITERATURA

- [1] Dong, J., Houchin, A., Shafieirad, N., Lu, C., Hawkins, N., Knickerbocker, S. (2015). VISSIM Calibration for Urban Freeways. Center for Transportation Research and Education, Institute for Transportation, Iowa State University. Iowa.
- [2] Kocić, A., Čelar, N., Kajalić, J., Stanković, S. (2018). Istraživanje vrednosti zasićenog saobraćajnog toka na udvojenim trakama za levo skretanje. Tehnika, 73 (2), 254-261.
- [3] Koh, S. Y. D., Chin, H. C. (2007). Traffic Simulation Modeling: VISSIM. Undergraduate Research Opportunities Programme. Singapore.
- [4] Luttinen R. T., Nevala R. (2002). Capacity and level of service of Finnish signalized intersections: Final report. Finnish Road Administration. Helsinki.
- [5] Park, B., Schneeberger, J. D. (2003). Microscopic Simulation Model Calibration and Validation: Case Study of VISSIM Simulation Model for a Coordinated Actuated Signal System. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1856. Transportation Research Board of the National Academies. Washington, D.C. 185-192.
- [6] Transport Research Board - TRB, National Research Council. (2010). Highway Capacity Manual (HCM 2010), Chapter 31: Signalized Intersections: Supplemental. Washington, D.C.
- [7] PTV Planung Transport Verkehr AG. (2010). VISSIM 5.30 User Manual.
- [8] Webster F. V., Cobbe B. M. (1966). Traffic signals. Her Majesty's Stationery Office. London.

## SUMMARY

### VISSIM CALIBRATION FOR PERMITTED LEFT TURN ON SIGNALIZED INTERSECTIONS IN BELGRADE

**Abstract:** *Simulations are often used as an alternate way of performing experiments and analysis. Simulations imitate or simulate the operations of various types of real world facilities or processes. For that reason microsimulation models have been widely used in traffic engineering, especially in traffic management. While these simulation models can be advantageous to engineers, the models must be calibrated and validated before they can be used. More accurate results are provided by model parameters calibration to local conditions. This paper presents microsimulation model VISSIM calibration to Belgrade local conditions, for intersections with permitted left turn. Model parameters which were calibrated are minimum gap time and standstill distance for standard urban traffic network. Necessary data for parameters calibration are collected by field researches. Model validation was done after model calibration by comparing simulation results and field research results.*

**Key words:** *permitted left turn, intersection, VISSIM, calibration*

# PRIKAZ SISTEMA AUTOMATSKOG BROJANJA SAOBRAĆAJA NA ULIČNOJ MREŽI GRADA BEOGRADA

**Dejan Veličković**, Gradska uprava grada Beograda – Sekretarijat za saobraćaj

**Milena Petković**, Gradska uprava grada Beograda – Sekretarijat za saobraćaj

**Rezime:** Jedna od aktivnosti Odeljenja za svetlosnu signalizaciju i saobraćajno modelovanje u okviru Sekretarijata za saobraćaj je obrada, analiza i kreiranje izveštaja sa podacima o saobraćajnim tokovima koji se prikupljaju putem automatskih brojača saobraćaja.

Na uličnoj mreži grada Beograda trenutno se nalazi 43 automatska brojača saobraćaja tipa QLTC-10C proizvođača „Mikrobit d.o.o“ iz Slovenije koji su raspoređeni na ukupno 15 brojačkih lokacija.

**Ključne reči:** automatski brojač saobraćaja, upravljanje saobraćajem

## 1. UVOD

U okviru Sekretarijata za saobraćaj funkcioniše Odeljenje za svetlosnu signalizaciju i saobraćajno modelovanje, čiji sastavni deo predstavlja i Centar za upravljanje saobraćajem.

U okviru ovog Centra, kao osnovne četiri aktivnosti izdvajaju se: praćenje i upravljanje radom svetlosne signalizacije putem različitih upravljačkih sistema, sprovođenje procedura saobraćajnog modelovanja i prognoziranja transportnih potreba korišćenjem softverskog paketa PTV VISION, korišćenje sistema automatskog brojanja saobraćaja za praćenje parametara saobraćajnog toka na uličnoj mreži grada Beograda, korišćenje sistema video nadzora za praćenje saobraćajnih tokova u realnom vremenu na uličnoj mreži grada Beograda.

Pomenuta aktivnost korišćenja sistema automatskog brojanja saobraćaja ogleda se kroz obradu, analizu i kreiranje izveštaja o saobraćajnim tokovima pomoću podataka koji se prikupljaju neprekidno sa brojačkih lokacija.

Važnost neprekidnog automatskog brojanja saobraćaja ogleda se kako na

strateškom, tako i na operativnom nivou upravljanja uličnom mrežom grada Beograda.

Neprekidno automatsko brojanje saobraćaja na uličnoj mreži grada Beograda je od izuzetnog značaja za analiziranje i utvrđivanje karakteristika saobraćajnih tokova. Podaci dobijeni brojanjem saobraćaja predstavljaju osnov svih aktivnosti koje se realizuju kroz procese planiranja, projektovanja, održavanja i upravljanja uličnom mrežom.

Osnovni izvor podataka o saobraćajnim tokovima i svim njegovim kvantitativnim i kvalitativnim karakteristikama su automatski brojači saobraćaja. Ovi uređaji neprekidno rade u toku cele godine i daju podatke o saobraćajnim tokovima na osnovu kojih je moguće utvrditi vremenske i prostorne neravnomernosti kretanja vozila.

U protekle tri godine Sekretarijat za saobraćaj je opremio 15 strateških lokacija u pogledu saobraćajnog opterećenja sa automatskim brojačima saobraćaja tipa QLTC-10C, proizvođača „Mikrobit d.o.o“ iz Slovenije.

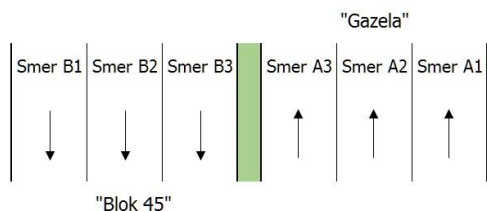
## 2. OPIS FUNKCIONISANJA SISTEMA

Sistem automatskog brojanja saobraćaja na uličnoj mreži grada Beograda sastoji se od automatskih brojača saobraćaja tipa QLTC-10C instaliranih na brojačkim lokacijama i centralnog računara koji se nalazi u Centru za upravljanje saobraćajem.

Trenutno sistem funkcioniše na 15 brojačkih lokacija i njime je pokriveno ukupno 74 saobraćajne trake primarne gradske saobraćajne mreže sa 43 automatska brojača saobraćaja.

Tabela 1: Spisak brojačkih lokacija

ID lokacije	Brojačka lokacija	Br. saobr. traka
BGL01	Bul. vojvode Mišića	3+3
BGL02	Kneza Miloša	2+2
BGL03	Brankova	2+3
BGL04	Bul. despota Stefana	3+4
BGL05	Jurija Gagarina	3+3
BGL06	Dimitrija Tucovića	2+2
BGL07	Zrenjaninski put	2+2
BGL08	Novosadski put	3+3
BGL09	Bul. Mihajla Pupina	3+3
BGL10	Bul. oslobođenja	2+2
BGL011	Savska	3+2
BGL012	Tošin bunar	3+2
BGL013	Trgovačka	2+2
BGL014	Ustanička	2+2
BGL015	Vojislava Ilića	2+2



Slika 1: Prikaz smerova i saobraćajnih traka u kojima se vrši automatsko brojanje saobraćaja

Automatsko brojanje saobraćaja se vrši na osnovu prelazaka svakog vozila preko

senzora (induktivnih petlji) ugrađenih u gornje slojeve asfaltnog zastora u svakoj saobraćajnoj traci na brojačkoj lokaciji.

Kriterijum za pozicioniranje induktivnih petlji na uličnoj mreži grada Beograda je takav da se one urezuju u profilu između dve raskrsnice, gde u najvećem delu dana vladaju uslovi slobodnog toka.



Slika 2: Prikaz brojačke lokacije

Napajanje automatskih brojača saobraćaja vrši se pomoću silikonskih akumulatora čije se dopunjavanje vrši putem niskonaponske mreže javne rasvete ili silikonskog akumulatora.



Slika 3: Prikaz automatskog brojača na terenu

Pomoću ovog sistema automatskog brojanja saobraćaja moguće je neprekidno prikupljati podatke o saobraćajnim tokovima (broj vozila po saobraćajnim trakama, vremenski interval sleđenja između dva nailaska vozila, brzine po klasama, kategorizacija vozila) i zatim ih



koristiti za analize i prognoze u cilju donošenja što kvalitetnijih odluka u oblasti upravljanja saobraćajem.

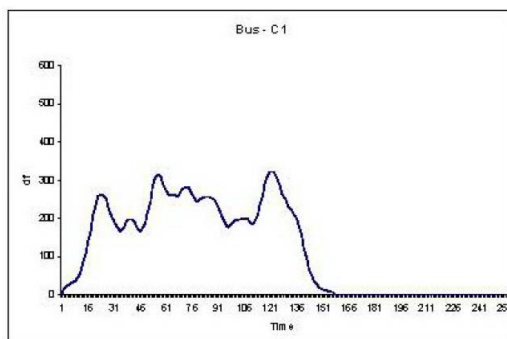
Kategorizacija vozila sa ovim tipom automatskih brojača vrši se na 11 kategorija.

Razred	Kategorija vozila	
A0	- Motocikli	
A1	- Putnički automobili - Putnički autom. + prikolica	
A2	- Kombinovana - Kombinovana voz. + prik.	
B1	- Laka teretna vozila	
B2	- Srednje teška teretna vozila	
B3	- Teška teretna vozila	
B4	- Teška teretna vozila sa prikolicom	
B5	- Autovozovi (Tegljači)	
C1	- Autobusi	
C2	- Zglobni autobusi	
X	- Nekategorisana vozila	

Slika 4: Prikaz kategorija vozila

Specifičnost kategorizacije vozila kod ovakvog tipa automatskih brojača saobraćaja se ogleda u primeni tzv. „induktivnog otiska“, umesto široko zastupljene kategorizacije na osnovu dužinskih razreda.

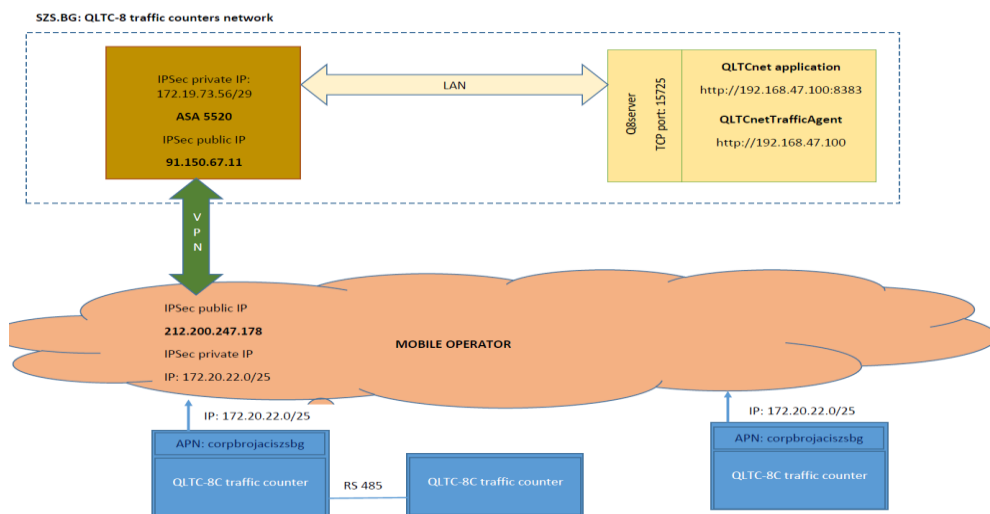
Primenom „induktivnog otiska“ kategorija vozila se određuje na osnovu specifične promene induktivnog polja koju izaziva kretanje određene kategorije vozila.



Slika 5: Prikaz induktivnog otiska

### 1.1. Prikupljanje podataka

Podaci o saobraćajnim tokovima se prikupljaju neprekidno 24 sata, 7 dana u nedelji u memorijski deo automatskog brojača saobraćaja, gde se zatim u predefinisanim vremenskim intervalima, putem mreže mobilne telefonije podaci prenose do centralnog računara u prostorijama Centra za upravljanje saobraćajem grada Beograda i pomoću serverske aplikacije „WLTcnet“ prati se status komunikacije i prenetih podataka sa automatskih brojača saobraćaja.



Slika 6: Prikaz arhitekture sistema

## 2.1. Obrada podataka

Prikupljeni i uskladišteni podaci na centralnom računaru za automatsko brojanje saobraćaja u Centru za upravljanje saobraćajem grada Beograda se obrađuju korišćenjem naprednih funkcija Microsoft Office Excel 2013, gde su za svaku brojačku lokaciju kreiraju modeli podataka bazirani na Power Pivot tabelama.

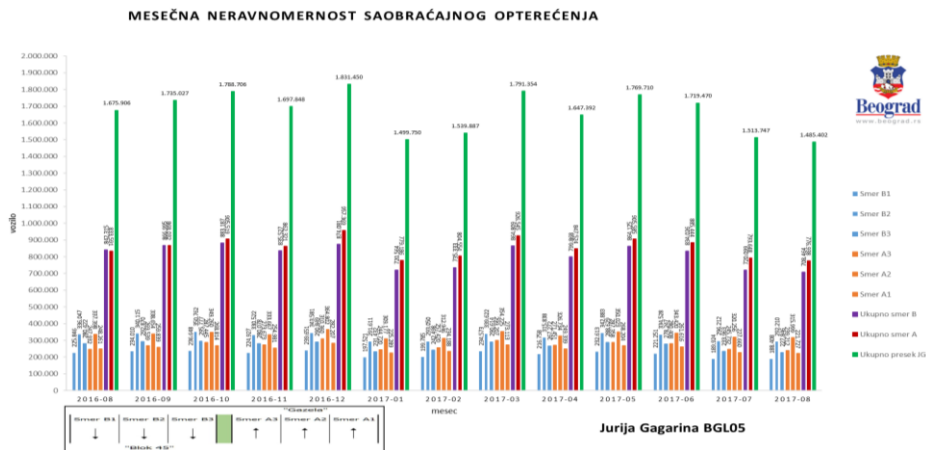
## 2.2. Prikaz podataka

Kreirani modeli podataka omogućavaju zaposlenima u Sekretarijatu za saobraćaj širok spektar mogućnosti u pravljenju različitih vrsta izveštaja u pogledu neravnomernosti saobraćajnih tokova na

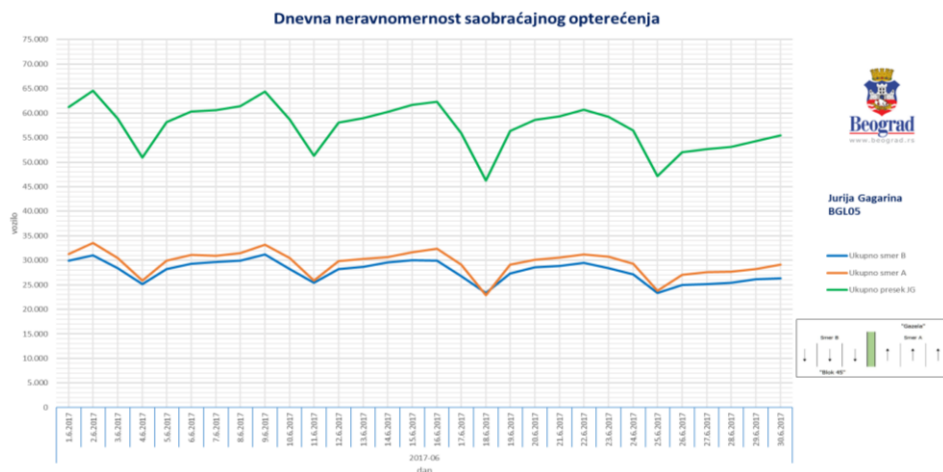
brojačkim lokacijama. Najčešće korišćeni su tabelarni i grafički prikazi godišnjih, mesečnih, nedeljnih, dnevnih i časovnih neravnomernosti saobraćaja za definisani period, smerove i saobraćajne trake.

Podaci o mesečnim neravnomernostima saobraćajnog opterećenja omogućavaju poznavanje oscilovanja saobraćajnih tokova po mesecima u toku jedne godine (Grafik 1).

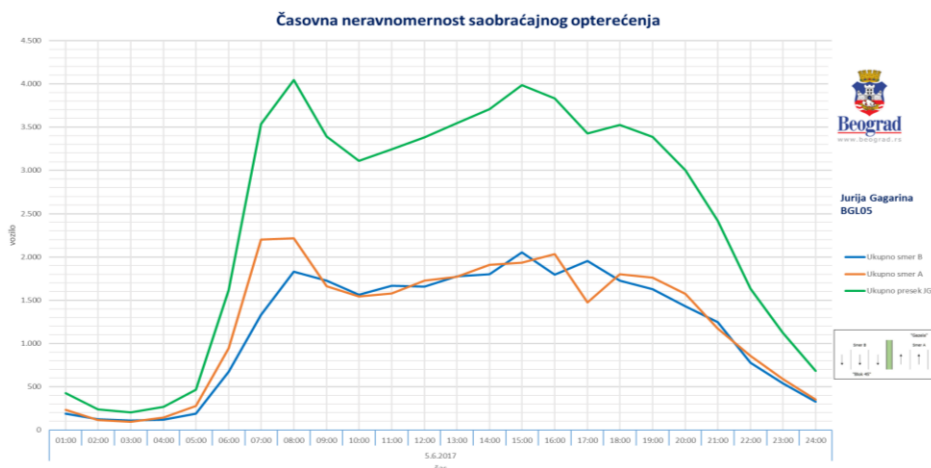
Podaci o dnevnim neravnomernostima saobraćajnog opterećenja pružaju mogućnost da se uoče određene cikličnosti u saobraćajnim opterećenjima za određeni vremenski period (Grafik 2).



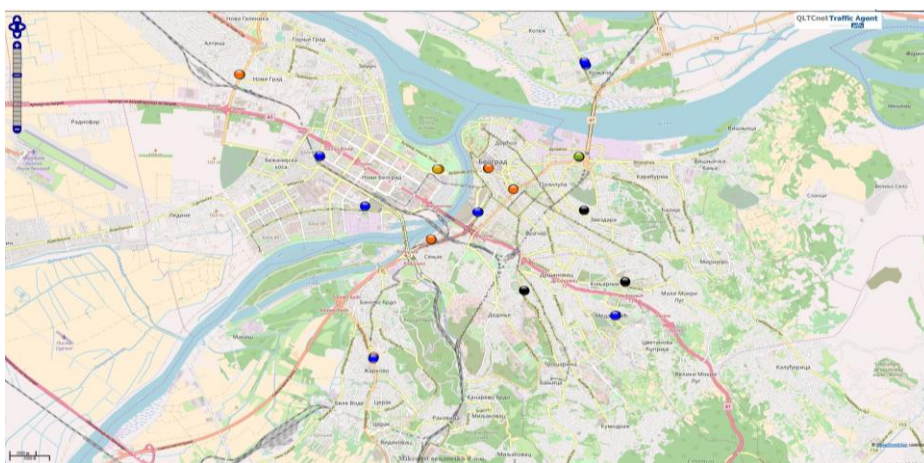
Grafik 1: Mesečna neravnomernost saobraćajnog opterećenja



Grafik 2: Dnevna neravnomernost saobraćajnog opterećenja



Grafik 3: Časovna neravnomernost saobraćajnog opterećenja



Slika 7: Prikaz glavnog ekrana web aplikacije „Traffic Agent“

Podaci o časovnim neravnomernostima saobraćajnog opterećenja pružaju važne informacije u sprovođenju operativnih analiza u Centru za upravljanje saobraćajem na taj način što omogućavaju da se uoče vršna opterećenja u toku dana i da se preduzimaju odgovarajuće upravljačke mere (Grafik 3).

Takođe, pomoću web aplikacije „Traffic Agent“ moguće je pratiti saobraćajno opterećenje u realnom vremenu, gde brojačke lokacije predstavljene u tačkastoj formi na mapi grada Beograda prikazuju različite boje u zavisnosti od saobraćajnog opterećenja (Slika 7).

### 3. ZAKLJUČAK

Upravljanje saobraćajnim tokovima na uličnoj mreži je od izuzetne važnosti za funkcionisanje saobraćajnog sistema u gradu Beogradu i zadatak Centra za upravljanje u okviru Sekretarijata za saobraćaj jeste da omogući njegovo funkcionisanje na što kvalitetnijem nivou.

Do promena u odvijanju saobraćajnih tokova na uličnoj mreži grada Beograda dolazi usled uticaja brojnih faktora, te je neophodno njihovo neprekidno praćenje primenom sistema automatskog brojanja saobraćaja i na osnovu dobijenih podataka



preduzimati odgovarajuće upravljačke mere u zavisnosti od nastalih promena.

Prepoznajući značaj i važnost neprekidnog automatskog brojanja saobraćaja, Sekretarijat za saobraćaj nastaviće i u narednom periodu sa širenjem sistema automatskog brojanja saobraćaja u cilju dobijanja podataka o veličinama saobraćajnih tokova sa što više lokacija i donošenja što kvalitetnijih upravljačkih odluka.

## LITERATURA

- [1] QLTC-10C and QLTC-8C, Digitalni brojač saobraćaja i klasifikator vozila sa memorijom, Uputstvo za korišćenje, Mikrobit d.o.o, 2010
- [2] QLTCnet, Program za automatski prenos podataka sa QLTC brojača saobraćaja i prikaz podataka, Mikrobit d.o.o, 2010

## SUMMARY

### **DISPLAY OF AUTOMATIC COUNTING OF TRAFFIC ON THE STREET NETWORK OF BELGRADE**

**Abstract:** *One of the activities of Department for Traffic Signal Control and Transport Modelling within the Secretariat for traffic is the processing, analysis and creation of reports on traffic flow data collected through automatic traffic counters.*

*On the street network of the city of Belgrade there is a total of 43 automatic traffic counters QLTC-10C of the manufacturer "Mikrobit d.o.o" from Slovenia, which are arranged in 15 counting locations.*

**Key words:** *automatic traffic counter, traffic management*

# KRITERIJUMI ZA IZBOR RASKRSNICA I NJIHOVO PREOBLIKOVANJE U KRUŽNE

**Snežana Dimitrijević**, dis, CEP - Centar za planiranje urbanog razvoja, dimitris@cep.rs

**Aleksandar Trifunović**, dis, CeS.TRA, alti@cestra.rs

**Mladen Nedeljkov**, dis, CeS.TRA, mldn@cestra.rs

**Goran Zimonjić**, dis, CEP - Centar za planiranje urbanog razvoja, goran@cep.rs

**Rezime:** U procesu planiranja i projektovanja segmenata gradske ulične mreže, često se postavlja pitanje koji tip raskrsnice treba primeniti: klasična ili kružna (klasična kružna ili spiralna/turbo rotor). Da bi se donela pravilna odluka, planeri i projektanti saobraćaja, često su pred zadatkom proveru više različitih kriterijuma za izbor tipa raskrsnice. U Beogradu najbrojniju grupu raskrsnica predstavljaju površinske raskrsnice, kod kojih se u istom nivou i na zajedničkoj kolovoznoj površini suočavaju konfliktni saobraćajni tokovi kao i različite kategorije učesnika u saobraćaju (pešaci, biciklisti, šinska vozila i motorna vozila). Površinske raskrsnice predstavljaju sa aspekta protočnosti saobraćaja najkritičniji deo ulične mreže. Kod postojećih površinskih raskrsnica na kojima je saobraćaj regulisan uređajem za davanje svetlosnih saobraćajnih znakova (semaforom), često postoji dilema da li bi se izgradnjom kružnog toka podigao nivo bezbednosti saobraćaja, povećao kvaliteta protoka saobraćaja i smanjili negativni uticaji saobraćaja na životnu sredinu.

U radu će biti izloženi aspekti sagledavanja delova gradske ulične mreže, kao i elemenata transportnog sistema, koji su analizirani u okviru studije čiji zadatak je bio da se od određenog broja predloženih raskrsnica izaberu one na kojima bi se izvršilo preoblikovanje geometrijskih elemenata u kružne.

**Ključne reči:** saobraćaj, planiranje, kružne raskrsnice

## 1. UVOD

Savremeni trendovi koji su vezani za održivi razvoj gradova, planiranje i upotrebu zemljišta nameću težnju, s jedne strane ka smanjenju površina namenjenih motornom saobraćaju a sa druge strane na povećanju nivoa usluge na postojećoj i planiranoj uličnoj mreži koja podrazumeva povećanje propusne moći i smanjenje zagušenja prvenstveno na čvorovima tj. na raskrsnicama. Odvijanje saobraćaja na raskrsnicama koje karakterišu nedovoljni kapaciteti i veliki inteziteti protoka saobraćaja, opterećene su zagušenjima i velikim vremenskim gubicima koji za posledicu imaju niži nivo bezbednosti svih učesnika u saobraćaju, povećano vreme

putovanja, veću produkciju izduvnih gasova, zagađenje životne sredine, itd.

Izbor tipa raskrsnice, kao i primenjenih projektnih elemenata, zavisi od kategorije ulice i njene funkcije u mreži i odnosa prognoziranih intenziteta i propusne moći (Q/K). Pri izboru tipa raskrsnice treba težiti rešenjima koja kod vozača doprinose stvaranju "slike očekivane situacije" i prepoznatljivosti ranga ulice što pozitivno utiče na ponašanje vozača a time i na nivo bezbednosti.

## 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Istraživanjima su obuhvaćene 133 semaforisane raskrsnice na teritoriji Beograda za koje se već nekoliko decenija rade istraživanja karakteristika

saobraćajnih tokova čijom analizom istorijskih podataka će se doneti odluke o izboru i prioritetima preoblikovanja najkritičnijih tačaka na uličnoj mreži Beograda.

Kapacitet i nivo usluge na semaforisanim raskrsnicama određuje se opšte prihvaćenim metodama, dok je kod raskrsnica sa kružnim tokom predmet višegodišnjih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja širom sveta.

Problem u poređenju kapaciteta predstavlja to što se kod kružnih raskrsnica koristi koncept ulivnog kapaciteta, a kod semaforisanih raskrsnica koncept grupe saobraćajnih traka ili prilaza. Ova dva koncepta su različita, tako da se ne mogu direktno porediti. Do sada postoji malo istraživanja koja daju jasan odgovor na ovo pitanje.

Analiza ulične mreže u Transportnom modelu bila je ključna za identifikaciju potencijalnih čvorova koji se u dogledno vreme u budućnosti moraju preoblikovati, pošto će vrednovanje postojećeg stanja i budućih situacija proizvesti ulazne podatke za identifikaciju problema i zahteva, a samim tim i generisanje predloga izmena na uličnoj mreži.

Cilj studije bio je donošenje odluke o opravdanosti izgradnje savremenih raskrsnica sa kružnim tokom. Bilo je potrebno proveriti primenjivost kružnih raskrsnica u različitim situacijama tako što će se stručnom analizom postojećih površinskih raskrsnica, kod kojih je saobraćaj regulisan semaforima, preispitati da li je sa aspekta povećanja protočnosti, nivoa bezbednosti saobraćaja i smanjenja negativnih uticaja na životnu sredinu opravdana rekonstrukcija u raskrsnice sa kružnim tokom.

Zadaci studije su bili da izabrane raskrsnice čije se preoblikovanje predlaže, uz minimalne negativne posledice na

životnu okolinu, obezbede smanjenje vremena putovanja i povećanje nivoa usluge i bezbednosti saobraćaja, kao i da se pri izboru raskrsnica za preoblikovanje maksimalno iskoristi mogućnost postojećih regulacija tj. površina javnog građevinskog zemljišta, odnosno da se troškovi eksproprijacije svedu na najmanju moguću meru.

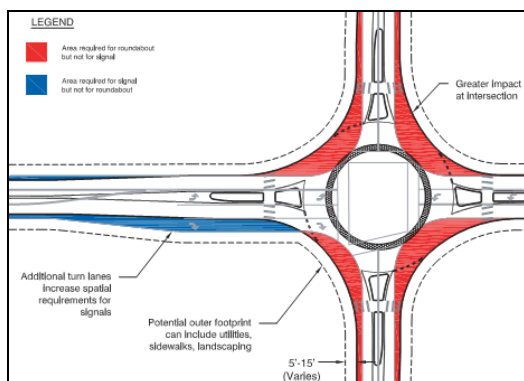
### ***2.1. Kriterijumi za ocenu pogodnosti preoblikovanja raskrsnica***

Promena geometrije na klasičnim raskrsnicama, gde se saobraćajem upravlja svetlosnim signalima, u mnogim situacijama može dovesti do povećanja efikasnosti i bezbednosti saobraćaja na raskrsnici. Da bi kružna raskrsnica obavljala svoju funkciju na najbolji mogući način a kako bi se postigla maksimalna efikasnost, neophodno je da lokacija na kojoj se planira uvođenje kružnog toka ispuni određene uslove. Neispunjavanjem nekih od uslova može se doći u situaciju da kružni tok postane usko grlo na mreži ili u nepovoljnijem scenariju crna tačka usled smanjenja bezbednosti korisnika.

Definisanjem kriterijuma po kojima je ocenjena povoljnost svake od raskrsnica za uvođenje kružnog toka formirana je lista raskrsnica za koje je potrebno izvršiti dodatne provere i konačno odabrati četiri raskrsnice na kojima će biti sprovedena detaljna analiza opravdanosti uvođenja kružnog toka.

Sledeći kriterijumi su korišćeni za proveru pogodnosti uvođenja kružnog toka na mestu semaforisane raskrsnice:

1. **Prostorna ograničenja** – kružne raskrsnice zahtevaju veći prostor u poređenju sa klasičnim raskrsnicama. Raskrsnice koje zahtevaju zauzimanje parcela na ostalom građevinskom zemljištu biće ocenjene nižom ocenom.



Slika 1: Razlika u prostornim zahtevima [5]

- 2. Broj prilaza** – upravljanje saobraćajem na raskrsnicama sa više od četiri prilaza potencijalno može biti efikasnije uvođenjem kružnog toka. Raskrsnice sa većim brojem prilaza biće ocenjene kao povoljnije u poređenju sa onim od četiri ili manje prilaza.



Slika 2: Primer iz grada Valparaiso, SAD [Google Earth]

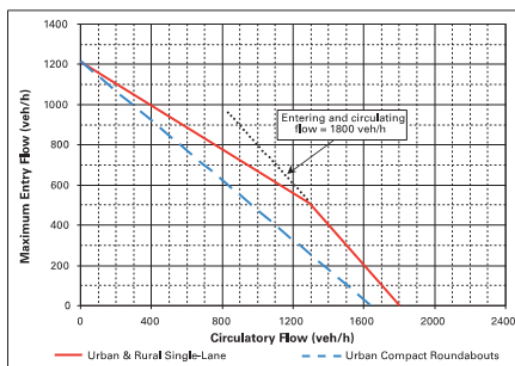
- 3. Geometrija** – raskrsnice sa nepovoljnim uglovima ukrštanja krakova, ili smaknutim prilazima potencijalno mogu biti rešene uvođenjem kružnog toka.



Slika 3: Primer iz Dablina-Ohajo, SAD, [8]

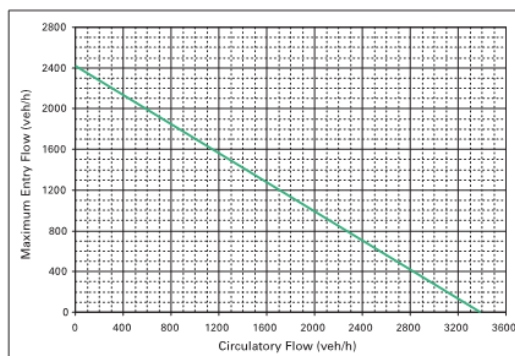
- 4. Saobraćajno opterećenje** – na osnovu saobraćajnog opterećenja za

posmatrane raskrsnice po prilazima u jutarnjem vršnom satu (8-9h) izvršene su ocene pogodnosti za formiranje kružne raskrsnice zavisno od saobraćajnih zahteva po prilazima.



Slika 4: Odnos kapaciteta prilaza kružnoj raskrsnici i broja vozila unutar toka za jednotračni prilaz [5]

Granična vrednost prihvatljivog protoka po prilazu je prosečna vrednost od 1500 vozila/h u vršnom satu po prilazu.



Slika 5: Odnos kapaciteta prilaza kružnoj raskrsnici i broja vozila unutar toka za dvotračni prilaz [5]

- 5. Raskrsnica deo poteza sa koordinisanim radom svetlosnih signala** – raskrsnice koje su deo sistema koordinisanog rada svetlosnih signala smatraju se nepovoljnim za uvođenje kružnog toka zbog narušavanja sistema rada svetlosnih signala na susednim raskrsnicama. Raskrsnice na početku i kraju koordinisanih poteza nisu eliminisane

ukoliko su ispunjavale ostale kriterijume.

6. **Raskrsnice sa tramvajima** – raskrsnice na kojima postoji tramvajski podsistem javnog prevoza smatrane su manje povoljnijim za uvođenje kružnog toka u odnosu na raskrsnice na kojima tramvaji nisu prisutni. Zavisno od trase tramvajske pruge i opterećenja na raskrsnici postojanje tramvaja na raskrsnici je u manjoj ili većoj meri uticalo na ukupnu ocenu.

Konačna ocena pogodnosti jedne raskrsnice na osnovu koje je dat predlog za preoblikovanje tj. rekonstrukciju u kružnu zasnovn je na ocenjivanju po svakom kriterijumu i proizvodom pojedinačnih ocena. Ocena od 0,1 do 1 su dodeljena svakom kriterijumu za svaku raskrsnicu pri čemu je 0,1 najniža ocena dok je 1 ocena najveće povoljnosti.

Raskrsnice sa konačnom ocenom bliskom 1 smatrane se povoljnijim za uvođenje kružnog toka i dalje su razmatrane. Opisanom metodologijom identifikovana je prva grupa raskrsnica, sa najvećom konačnom ocenom koje su pogodne za dalju analizu i za konačan odabir četiri raskrsnice za koje su rađeni analitički proračuni i mikrosimulacioni modeli.

Za raskrsnice koje su se u "prvom krugu" ocenjivanja pokazale kao povoljne za uvođenje kružnog toka po prethodno navedenim kriterijumima izvršeno je dalje ocenjivanje po dodatnim kriterijumima uz pomoć kojih se došlo do izbora četiri raskrsnice. Ovaj korak u odabiru četiri raskrsnice za detaljnu analizu osigurao je da su odabrane raskrsnice zaista najpovoljnije od svih analiziranih za preoblikovanje u kružne, odnosno očekivani efekti od uvođenja kružnog toka su najveći.

Kriterijumu koji su korišćeni za

ocenjivanje pogodnosti raskrsnice za uvođenje kružnog toka u "drugom krugu" ocenjivanja su:

1. **Bezbednost saobraćaja:** broj konflikata, ocena rizika stradanja korisnika odnosno broj saobraćajnih nezgoda na raskrsnicama (na osnovu rezultata studije "Evaluacija prethodnog programa crnih tačaka, sa izradom programa crnih tačaka za 2014. godinu"), učešće pešaka i biciklista
2. **Ekonomski kriterijumi:** Procena troškova izgradnje kružnog toka (na osnovu površine koju zauzima kružna raskrsnica), urbanističko-planski osnov
3. **Ekološki kriterijumi:** procena efekata koje bi uvođenje kružnog toka imalo na životnu sredinu (blizina stambenih objekata, očekivana promena buke i zagađenja vazduha)
4. **Kriterijum saobraćajnih tokova:** analiza saobraćajnih tokova po smerovima kretanja, strukturi saobraćajnog toka, učešću pešaka i biciklista, itd.

Postupak primene metodologijom definisanih kriterijuma i izbor četiri raskrsnice prikazan je algoritmom koji ilustrativno opisuje ovaj proces.



Slika 6: Algoritam primene kriterijuma za izbor raskrsnica [1]

Nakon ocene po ovim kriterijumima, raskrsnice koje su se u prvom koraku pokazale kao potencijalno povoljne za uvođenje kružnog toka, su ponovo rangirane i među njima su izabrane četiri najpovoljnije koje su bile predmet daljih analiza i razrada.

## 2.2. Analiza i ocenjivanje pogodnosti

Na osnovu postojećih podataka koje se odnose na predmetne 133 raskrsnice izvršena je analiza svake pojedinačne raskrsnice sa ciljem da se izaberu raskrsnice koje će biti predmet detaljnog

istraživanja predviđenih Projektnim zadatkom studije. Nakon ocenjivanja razmatranih raskrsnica prema usvojenim kriterijumima, identifikovana je prva - šira grupa raskrsnica, sa konačnom ocenom većom od 0,58 koje su pogodne za dalju analizu i konačan izbor četiri raskrsnice za koje su urađeni analitički proračuni, idejna rešenja i mikrosimulacioni modeli. Rangiranjem ocenjenih raskrsnica identifikovano je 18 raskrsnica koje su u 2. fazi analize ocenjivane prema definisanim kriterijumima za drugi krug ocenjivanja.

Tabela 1: Rangiranje nakon 1. faze ocenjivanja

Редни број	Број раскрснице	Назив раскрснице	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Укупна оцена	Шири избор	Ужи избор
			просторна ограничења	број прилаза	геометрија	саобраћајно отпремање	линијска координација	трамвај			
1.	42	Зрењанински пут - Овча - Борча	1	0.8	1	1	1	1	<b>0.80</b>	ДА	ДА
2.	85	Александра Дубчека - 22. октобра	1	0.8	1	1	1	1	<b>0.80</b>	ДА	НЕ
3.	114	Балканска - Адмирала Гепрата	1	1	0.8	1	1	1	<b>0.80</b>	ДА	ДА
4.	124	Војислава Илића - Мокролушка	1	1	0.8	1	0.9	1	<b>0.72</b>	ДА	НЕ
5.	19	Булевар ослобођења - Саве Машковића - Црнотравска	1	0.8	1	1	0.8	1	<b>0.64</b>	ДА	НЕ
6.	49	Нови Новосадски пут - Јурија Ракитина	1	0.8	0.8	1	1	1	<b>0.64</b>	ДА	НЕ
7.	54	Тошин бунар - Студентска	1	0.8	0.8	1	1	1	<b>0.64</b>	ДА	НЕ
8.	61	Савска магистрала - пут за Железник	1	0.8	0.8	1	1	1	<b>0.64</b>	ДА	ДА
9.	67	Кнеза Вишеслава - Пилота Михајла Петровића	1	0.8	0.8	1	1	1	<b>0.64</b>	ДА	НЕ
10.	108	Вишњичка - Војводе Мицка Крстића	1	0.8	1	1	0.8	1	<b>0.64</b>	ДА	НЕ
11.	120	Првомајска - Горњоградска	1	0.8	0.8	1	1	1	<b>0.64</b>	ДА	НЕ
12.	43	Батајнички друм - Јурија Ракитина	1	0.6	1	1	1	1	<b>0.60</b>	ДА	НЕ
13.	48	Булевар Николе Тесле - Ушће	1	0.8	0.8	1	0.9	1	<b>0.58</b>	ДА	НЕ
14.	56	Булевар Михајла Пупина - Булевар уметности	1	0.8	0.8	1	0.9	1	<b>0.58</b>	ДА	НЕ
15.	82	Партизанске авијације - Марка Челебонићи	1	0.8	0.8	1	0.9	1	<b>0.58</b>	ДА	НЕ
16.	87	Омладинских бригада - Булевар Зорана Ђинђића	1	0.8	0.8	1	0.9	1	<b>0.58</b>	ДА	НЕ
17.	122	Трговачка - Јабланичка	1	0.8	0.8	1	0.9	1	<b>0.58</b>	ДА	ДА
18.	131	Мирјевски Булевар - Витезова Карађорђево звезда	1	0.8	0.8	1	0.9	1	<b>0.58</b>	ДА	НЕ
19.	47	Булевар Николе Тесле - Трешњиог цвета	1	0.6	1	1	0.9	1	<b>0.54</b>	НЕ	НЕ
20.	69	Борска - Црнотравска	1	0.6	1	1	0.9	1	<b>0.54</b>	НЕ	НЕ

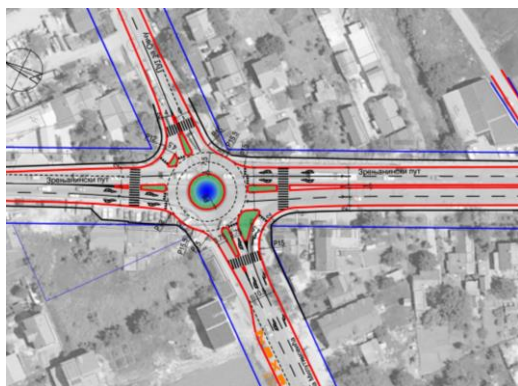
Rangiranjem ocena dobijenih u 2. fazi analize izdvojile su se sledeće četiri raskrsnice sa najvišim ocenama koje će biti predmet dalje razrade:

1. Zrenjaninski put - Ovča - Borča
2. Balkanska - Admirala Geprata
3. Savska magistrala - Bore Stankovića
4. Trговачка - Jablanička.

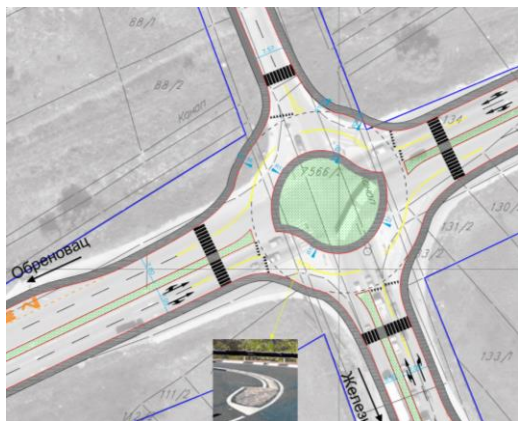


### 2.3. Idejna rešenja i pokazatelji efikasnosti

Proces planiranja raskrsnica sa kružnim tokom treba da pokaže opravdanost odluke da se izvrši dekompozicija raskrsnice na specifičnoj, tj. određenoj lokaciji. Za izabrane četiri raskrsnice, na kojima su prethodno izvršene kompleksne analize i utvrđene potrebe za preoblikovanjem geometrije, urađena su idejna rešenja za svaku od predloženih lokacija, prema važećim standardima i normativima za projektovanje kružnih raskrsnica u gradovima.

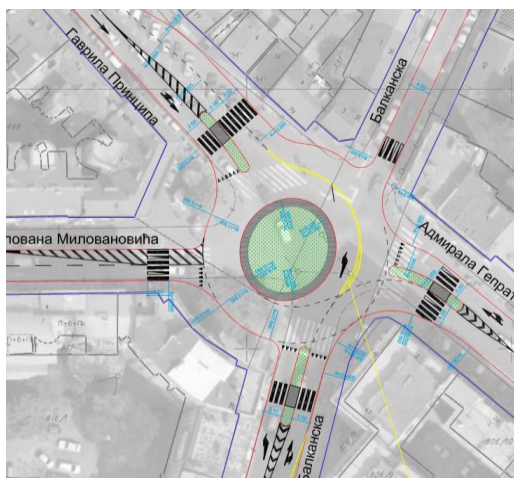


Slika 7: IR Zrenjaninski put - Ovča - Borča [1]

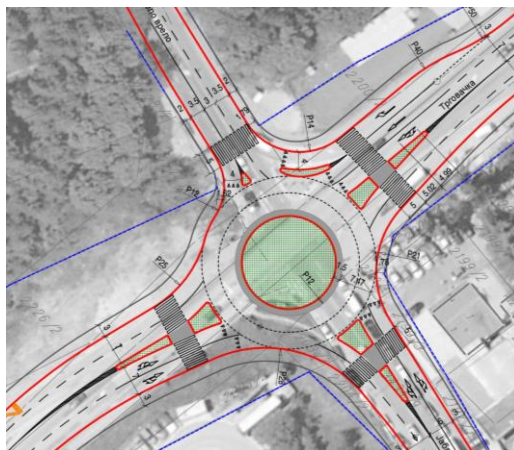


Slika 8: IR Savska magistrala - B. Stankovića [1]

Idejna rešenja geometrije i prostornog dimenzionisanja predloženih situacionih rešenja je proisteklo iz raspoloživog prostora, odnosno položaja regulacionih linija, koji u postojećem stanju zauzimaju raskrsnice.



Slika 9: IR Balkanska - Admirala Geparata [1]



Slika 10: IR Trgovačka - Jablanička [1]

Izvršeno je poređenje kapaciteta semaforisane raskrsnice i raskrsnice sa kružnim tokom gde su kao ulazni podaci za proračun kapaciteta korišćeni protoci vozila i pešaka za vršne sate dobijeni istraživanjima na terenu. Nivo usluge je utvrđen, takođe za dva analizirana scenarija (semaforisana raskrsnica i raskrsnica sa kružnim tokom).

Sagledavanjem rezultata dobijenih proračunom, utvrđeno je da bi se izgradnjom raskrsnica sa kružnim tokom, na mesto postojećih četvorkrakah i petokrakah raskrsnica uslovi u saobraćajnom toku znatno poboljšali. Nivoi usluge po prilazima i na nivou cele raskrsnice bi se povećali što se smatra

posledicom manjih zadržavanja vozila prilikom opsluge. Takođe kružne raskrsnice su se pokazale kao povoljnije od semaforisanih raskrsnica iz razloga što imaju veći efektivni kapacitet.

Tabela 2: Pokazatelji efikasnosti

Raskrsnice	Borča Ovča		Savska m. B. Stankovića		Balkanska Admirala Geprata		Trgovačka Jablanička	
	NU	C	NU	C	NU	C	NU	C
Semaforisana	E	2642	D	3254	C	2680	D	3773
Kružni tok	D	2693	C	5307	D	2154	B	5414

C- Ukupan (efektivni) kapacitet raskrsnice [voz/h]

Za potrebe poređenja troškova i koristi od uvođenja kružne raskrsnice na analiziranim raskrsnicama izvršen je odabir parametara koji su kvantifikovani i svedeni na monetarnu vrednost na godišnjem nivou. Od saobraćajnih kriterijuma najveća korist se stvara od ušteda u vremenskim gubicima korisnika. Kao koristi od uvođenja kružnih raskrsnica može se očekivati smanjenje troškova nastalih usled saobraćajnih nezgoda. Prema ekološkom kriterijumu uvođenjem kružne raskrsnice smanjuje se količina polutanata koji se ispuštaju u vazduh.

### 3. ZAKLJUČAK

Prilikom izbora raskrsnica zadati kriterijum je bio raspoloživi prostor u okviru javnog građevinskog zemljišta, da bi se zbog jednostavnije realizacije izabrale one raskrsnice kod kojih je moguće izvršiti preoblikovanje u kružnu raskrsnicu, u okviru postojeće regulacije ulica. Ovaj ograničavajući faktor je uslovio da se za dalju razradu ne sagledavaju raskrsnice koje bi po svim ostalim kriterijumima dale povoljne efekte. Od četiri izabrane raskrsnice tri su na ulazno izlaznim pravcima Beograda. Međutim, prostorni kriterijum iako ima veliki uticaj pri uvođenju kružnih raskrsnica, ne treba da bude uvek i eliminacioni faktor. U okviru

sprovedene analize uzeta je pretpostavka da je svako rušenje objekta i zauzeće ostalog građevinskog zemljišta neprihvatljivo, što ne treba da bude ograničavajući faktor za unapređenje elemenata transportnog sistema.

Dugoročnim planiranjem - bez ograničenja u rešavanju imovinsko pravnih odnosa, neophodno je analizirati i druge raskrsnice koje su zbog kritičnih prostornih uslova eliminisane. Takođe treba sagledati i druge raskrsnice u Beogradu koje bi bile pogodnije za transformaciju u kružne, naročito imajući u vidu faktor povećanja bezbednosti saobraćaja na nesignalisanim raskrsnicama.

### LITERATURA

- [1] Studija opravdanosti izgradnje kružnih tokova na postojećim raskrsnicama na teritoriji grada Beograda sa predlogom lokacija i idejnih rešenja, CEP, CeS.TRA, Beograd, 2017.
- [2] Kapacitet drumskih saobraćajnica, Kuzović LJ., Saobraćajni fakultet, Beograd, 1979.
- [3] Kružne raskrsnice, Mitić D., Vukanović S., - Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [4] Inženjerski priručnik iz drumskog i gradskog saobraćaja i transporta, Grupa autora, Saobraćajni fakultet, Beograd 1999.
- [5] Roundabouts: An informational Guide – Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-RD-00-067, june 2000.
- [6] Transportni model Beograda 2015, Saobraćajni fakultet; CEP, Beograd, 2015.
- [7] Studija evaluacije prethodnog programa crnih tačaka, sa izradom programa crnih tačaka za 2014. godinu, COWI, 2015.
- [8] <https://www.bizjournals.com/columbus/blog/2014/12/dublin-s-revised-roundabout-plan-to-cost-up-to-400.html#i/4600551>



**SUMMARY****THE CRITERIA FOR THE SELECTION OF INTERSECTION AND THEIR TRANSFORMATION INTO ROUNABOUT**

**Abstract:** *In the process of planning and designing segments of the urban street network, it is questionable whether to use classical intersection or roundabout (classical roundabout or spiral intersection / turbo rotor). In order to make the right decision, planners and traffic planners often check several different criteria for selecting the intersection type. In Belgrade, the largest group of intersections are surface intersections, characterized by traffic conflict as well as different categories of participants in traffic (pedestrians, cyclists, railway vehicles and motor vehicles) at the same level on the common pavement surface. When it comes to traffic flow, surface intersections represent the most critical part of the street network. With the existing surface intersections where traffic is regulated by traffic light (semaphore), there is often a dilemma if the construction of a roundabout would raise the level of traffic safety, increase the quality of traffic flow and reduce the negative impacts of traffic on the environment.*

*The project will present the aspects of the observation of the parts of the city street network, as well as the elements of the transport system analyzed within the framework of the study, with the task to select those intersections which could be transformed from geometric elements into circular from a certain number of proposed intersections.*

**Key words:** traffic, planning, roundabout

## NIVO USLUGE NA KORIDORU – PRIMER ULICE VOJVODE STEPE

**Miloš Mladenović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, mmlad239@gmail.com

**Nikola Čelar**, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.celar@sf.bg.ac.rs

**Stamenka Stanković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

**Jelena Kajalić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Predmet ovog rada predstavlja postupak utvrđivanja nivoa usluge na koridoru. Korišćena je metodologija za utvrđivanje nivoa usluge na deonici koridora, data u izdanju „HCM“-a (Highway Capacity Manual) iz 2010. godine. Upoređeni su rezultati, odnosno nivo usluge dobijen na osnovu eksperimentalnog istraživanja na koridoru i primenom analitičkog modela. Podaci za potrebe ove analize prikupljeni su primenom metode „plutajućeg vozila“ uz pomoć aplikacije za pametne telefone. Istraživanje je sprovedeno u Beogradu, duž Ulice vojvode Stepe u smeru od Kružnog voždovačkog puta ka Bulevaru oslobođenja u jutarnjem vršnom času. Na osnovu uzorka od 7 prolazaka test vozila, zaključeno je da je odstupanje odnosa brzine putovanja, odnosno eksploatacione brzine i bazne vrednosti slobodne brzine primenom dva različita postupka manje od 5 odsto.

**Ključne reči:** nivo usluge, HCM, koridor, Vojvode Stepe

### 1. UVOD

Zagušenje na saobraćajnoj mreži predstavlja jedan od ključnih problema s kojima se danas suočavaju veliki gradovi. Postojeća infrastruktura najčešće nije u stanju dovoljno brzo da isprati rast broja stanovnika i putovanja, odnosno mobilnosti stanovnika u određenom periodu na određenom prostoru. Ovom problemu značajno doprinosi masovna upotreba privatnih putničkih automobila, s, često, malom popunjenošću vozila. Stepem zagušenja na mreži opisuje se nivoom usluge. Nivo usluge na deonici koridora može se utvrditi primenom metodologije za utvrđivanje nivoa usluge na deonici koridora date u „HCM“-u iz 2010. godine ili na osnovu podataka prikupljenih na terenu.

Predmet ovog rada bila je uporedna analiza vrednosti nivoa usluge na koridoru dobijenih primenom pomenute dve metode.

### 2. NIVO USLUGE NA KORIDORU

U „HCM“-u (Highway Capacity Manual) iz 2010. godine, data je metodologija za utvrđivanje nivoa usluge na deonici koridora. Deonica koridora podrazumeva segment koridora između dve raskrsnice koje mogu biti signalisane ili nesignalisane. Nivo usluge na koridoru dobija se agregacijom podataka sa deonica koje čine predmetni koridor. [1]

Nivo usluge na koridoru određuje se na osnovu odnosa vrednosti brzine putovanja i bazne vrednosti slobodne brzine ( $V_p/V_{SL\_BAZNA}$ ).

Postupak utvrđivanja nivoa usluge sastoji se iz pet koraka: formiranje merodavne saobraćajne slike, utvrđivanje vremena putovanja, utvrđivanje vremenskih gubitaka za saobraćajne tokove pravo na izlaznoj raskrsnici, utvrđivanje brzine putovanja i utvrđivanje nivoa usluge.

U okviru prvog koraka, neophodno je formirati kompletne saobraćajne slike raskrsnica obuhvaćenih istraživanjem. Istraživanje karakteristika saobraćajnih tokova uključuje snimanje karakteristika svih dozvoljenih smerova kretanja vozila na raskrsnicama i sprovodi za period za koji se sprovodi analiza nivoa usluge. Prikupljeni podaci najčešće se prikazuju grafičkom metodom.

Utvrđivanje vremena putovanja u drugom koraku sprovodi se analitički, na osnovu slobodne brzine, faktora uticaja rastojanja sleđenja vozila u toku (gustine toka) i vremenskih gubitaka na deonici.

U trećem koraku, utvrđuju se vremenski gubici tokova pravo na izlaznoj raskrsnici deonice.

Brzina putovanja na koridoru utvrđuje se na osnovu prosečnih brzina putovanja na deonicama, uzimajući i obzir i dužinu deonice.

Brzina putovanja na deonici, odnosno na koridoru, može se, pored analitičkog postupka, utvrditi i eksperimentalnim putem, odnosno primenom metodologije istraživanja vremena putovanja. [2]

Vrednost nivoa usluge utvrđuje se na osnovu odnosa brzine putovanja ( $V_p$ ) i bazne vrednosti slobodne brzine ( $V_{SL\_BAZNA}$ ), na osnovu naredne tabele.

Tabela 1: Nivo usluge na deonici

Odnos brzine putovanja i bazne vrednosti slobodne brzine (%)	Nivo usluge
>85	A
>67-85	B
>50-67	C
>40-50	D
>30-40	E
≤30	F

### 3. ISTRAŽIVANJE BRZINE PUTOVANJA NA KORIDORU

Brzina putovanja predstavlja izvedenu, relativnu veličinu koja zavisi od pređenog puta i vremena putovanja između izvora i cilja. Efikasnost, odnosno realizacija veće brzine putovanja, minimizira finansijske i vremenske gubitke, koji nastaju kao posledica zagušenja u saobraćaju.

U okviru istraživanja brzine putovanja, neophodno je utvrditi prostorni i vremenski okvir, kao i primenjenu tehniku sakupljanja potrebnih podataka. U cilju dobijanja kvantitativno reprezentativnog uzorka, realizovani su višestruki prolasci duž predmetnog koridora.

Prikupljeni podaci, takođe, moraju biti kvalitativno reprezentativni, odnosno moraju pružati realnu sliku o stanju na terenu. U toku prikupljanja podataka, snimljeni su prolasci tokom kojih je došlo do vanrednih uslova u saobraćajnom toku zbog čega su oni izuzeti i nisu obrađeni, odnosno obuhvaćeni analizom.

Predmetni koridor ovog rada je Ulica vojvode Stepe u Beogradu. Nalazi se na gradskoj opštini Voždovac i sa svojih 7.8 km, predstavlja najdužu ulicu na teritoriji grada. Ulica je radialnog tipa, u odnosu na gradsko jezgro, i prostire se od Bulevara oslobođenja, tzv. „Autokomande“, do Ulice Stražarska kosa. Segment ulice koji je predmet ovog rada, od Bulevara oslobođenja do Kružnog puta voždovačkog, rekonstruisan je 2014-2015. godine. U toku rekonstrukcije, izmenjen je poprečni profil saobraćajnice izmeštanjem tramvajskih šina i trake rezervisane za vozila sistema JGTP u centralnu zonu profila. Na potezu, dužine 3,230 m, nalazi 10 signalisanih ukrštanja vozačkih tokova, kao i jedan signalisani pešački prelaz. Za potrebe ovog rada, potez je podeljen na 10 deonica.

Nivo usluge generalno se utvrđuje na osnovu podataka snimljenih u periodima

najvećeg saobraćajnog opterećenja, odnosno u vršnim satima. Za potrebe ovog rada, podaci su snimani u jutarnjem vršnom satu, odnosno od 8 do 9 časova.

Prikupljanje podataka obavljeno je tehnikom test vozila, tačnije metodom „plutajućeg“ vozila u saobraćajnom toku. Vozilo korišćeno u istraživanju je porodični automobil sa prosečnim tehničko-eksploatacionim karakteristikama. Podaci su beleženi u pomoć aplikacije za pametne telefone razvijene isključivo u tu svrhu.

Tokom sprovođenja istraživanja realizovano je ukupno 7 reprezentativnih prolazaka test vozila u predmetnom smeru i periodu.

#### 4. POREĐENJE ANALITIČKOG POSTUPKA I REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Kako je prikupljanje apsolutno svih ulaznih parametara, neophodnih za analitički proračun nivoa usluge vremenski zahtevno i komplikovano, sprovedena je uporedna analiza nivoa usluge na deonicama i na koridoru primenom dve gorepomenute procedure.

Podaci o vremenu putovanja i eksploatacionoj, odnosno brzini putovanja, iz svih 7 prolazaka, uprosečeni su po deonicama, a zatim je, agregacijom, na osnovu njih je proračunat nivo usluge na koridoru.

Prilikom primene analitičkog modela, nedostupni su bili ulazni parametri za proračun vremenskih gubitaka za saobraćajne tokove pravo na izlaznoj raskrsnici. Shodno tome, primenjena je metoda ekstrakcije realnih vremenskih gubitaka na svetlosnim signalima koji su snimljeni tokom vršenja terenskog istraživanja. [3]

Gubici na svetlosnim signalima predstavljaju razliku realnog i idealnog vremena putovanja vozila kroz uticajnu zonu raskrsnice.

Odstupanje (smanjenje) brzine kretanja vozila, od prosečne vrednosti pre i nakon uticajne zone raskrsnice (svetlosnog signala), posmatrano je kao posledica rada svetlosnih signala na prioritetnom pravcu. Pomenuta razlika u vremenu prolaska vozila korespondira vremenskim gubicima koji su korišćeni u postupku analitičkog proračuna nivoa usluge na koridoru.

Raskrsnice su, u cilju bolje preglednosti u Tabeli 3, obeležene numeričkim oznakama od 201 do 212 (Tabela 2).

Tabela 2: Numeričke oznake raskrsnica

Numerička oznaka	Ukrštanje
201	Bulevar oslobođenja
202	Ulica Triše Kaclerovića
203	Ulica admirala Vukovića
204	Ulica Bože Jankovića
205	Ulica kralja Vladimira
206	Vitanovačka ulica
207	Nikšićka ulica
208	Ulica Mite Cenića
209	Ulica kapetana Zavišića
210	Ulica Ljuba Vučkovića
212	Kružni put voždovački

Bazna vrednosti slobodne brzine je u funkciji uspostavljenog ograničenja brzine, gustine priključka, tipa razdelnog ostrva i prisustva ivičnjaka. Pošto ne zavisi od dinamičkih parametara saobraćajnog toka i načina upravljanja, vezuje se za deonicu i ista je u oba slučaja.

Pri određivanju prosečnih brzina, uzete su u obzir dužine deonica na kojima su realizovane.

U Tabeli 3 dat je pregled nivoa usluge po deonicama i na koridoru.

Tabela 3: Nivo usluge na deonicama i na koridoru

Deonica	HCM2010			Eksperimentalni podaci		
	Vreme putovanja na deonici	$V_P/V_{SL\_BAZNA}$	Nivo usluge	Vreme putovanja na deonici	$V_P/V_{SL\_BAZNA}$	Nivo usluge
212-210	52	0,67	C	58	0,60	C
210-209	45	0,39	E	32	0,55	C
209-208	53	0,18	F	24	0,40	D
208-207	59	0,23	F	41	0,33	E
207-206	68	0,55	C	88	0,43	D
206-205	55	0,56	C	62	0,50	D
205-204	44	0,33	E	26	0,55	C
204-203	43	0,31	E	25	0,53	C
203-202	87	0,11	F	61	0,16	F
202-201	30	0,25	F	32	0,23	F
$\Sigma$ /avg	535	0,45	D	449	0,47	D

Primetno je da je vreme putovanja značajno kraće (**16.07%**) u postupku baziranom na eksperimentalnim podacima, tačnije za **86 sekundi**. Između deoničnih vremena putovanja, kao i nivoa usluge, dobijenih analitičkom metodom i terenskim istraživanjem postoje razlike, ali nije moguće utvrditi jasan trend potcenjivanja ili precenjivanja vremena putovanja na deonici od strane analitičkog modela.

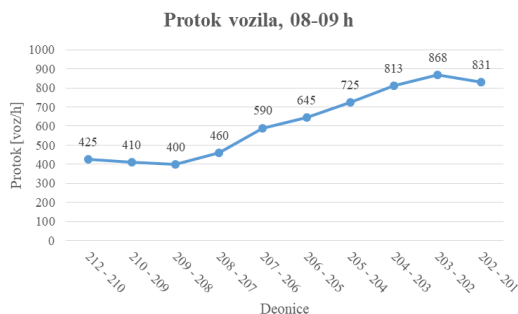
Brzina putovanja viša je u postupku baziranom na eksperimentalnim podacima za **4.33%**, odnosno **1.25 km/h**, što direktno utiče na vrednost nivoa usluge.

U oba slučaja se na identičnim deonicama ostvaruje najviši (od Kružnog puta voždovačkog (Trošarine) do Ulice Ljuba Vučkovića) i najniži (od Ulice admirala Vukovića do Ulice Triše Kaclerovića) odnos brzine putovanja i bazne vrednosti slobodne brzine, odnosno najbolji i najlošiji nivo usluge, respektivno (Tabela 3).

U Tabeli 4 i na Grafiku 1 dat je pregled protoka saobraćaja po deonicama u jutarnjem vršnom satu. Uočava se da se protok vozila na deonicama povećava u smeru prema Bulevaru oslobođenja, odnosno u smeru prema centru grada, što je i očekivan trend za dati period dana.

Tabela 4. Protok po deonicama

Deonica	Protok [voz/h], 08-09 h
212-210	425
210-209	410
209-208	400
208-207	460
207-206	590
206-205	645
205-204	725
204-203	813
203-202	868
202-201	831



*Grafik 1: Protok vozila u jutarnjem vršnom satu*

Pošto se profil saobraćajnice i drugi stacionarni elementi ne menjaju celom dužinom koridora, zaključeno je protok vozila direktno utiče na nivo usluge.

Na realizaciju najvišeg odnosa brzine putovanja i bazne vrednosti slobodne brzine, odnosno najvišeg nivoa usluge na koridoru, na deonici od Kružnog puta do Ulice Ljuba Vučkovića, prevashodno utiče niska vrednost protoka saobraćaja, kao i najmanji broj sadržaja zbog kojih korisnici zaustavljaju ili parkiraju svoja vozila.

Pored najvišeg protoka, aktuelan plan rada svetlosnih signala na raskrsnici 202, odnosno Ulice vojvode Stepe i Triše Kaclerovića tretira smer levog skretanja u Ulicu Triše Kaclerovića kao prioritetan tok. Cilj ovakvog načina rada signala jeste pražnjenje vozila iz kružnog toka pošto značajan broj vozila ispostavlja zahtev za levim skretanjem nakon ulaska u Ulicu vojvode Stepe. S druge strane, posledično se smer pravo, ka Bulevaru oslobođenja, tretira se kao neprioritetni tok i dolazi do zagušenja u određenim periodima dana. Iz ovih razloga, najniža vrednost nivoa usluge je upravo na deonici od Ulice admirala Vukovića do Ulice Triše Kaclerovića, koja u slučaju utvrđivanja nivoa usluge pomoću analitičkog modela, kao i u slučaju utvrđivanja nivoa usluge na osnovu empirijskih podataka iznosi **F**.

Protok i način rada svetlosnih signala prepoznati su kao faktori koji najviše utiču na nivo usluge na deonicama, na

predmetnom koridoru. Nivo usluge takođe zavisi od gustine priključaka i faktora uticaja bočnih smetnji, ali u manjoj meri od gorepomenutih parametara.

Shodno činjenici da je odstupanje odnosa vrednosti brzine putovanja i vrednosti bazne slobodne brzine na koridoru **manje od 5% (4.26%)** između dva postupka, može se zaključiti da su podaci prikupljeni eksperimentalnom metodom pouzdani.

## 5. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj ovog rada bio je utvrđivanje nivoa usluge na koridoru na dva načina, odnosno primenom metodologije date u „HCM“-u i na osnovu eksperimentalnog istraživanja.

Dobijeni rezultati upoređeni su na nivou deonice i na nivou koridora. Pri poređenju rezultata dve metode, na nivou deonice došlo je do vidnog odstupanja utvrđenog nivoa usluge. Na makro nivou, odnosno na nivou koridora, odstupanje je minimalno i iznosi 4.26% (0.45/0.47).

Shodno tome, zaključeno je da se podaci prikupljeni terenskim istraživanjem mogu koristiti kao verodostojna zamena za analitički model. U slučaju postupka na bazi eksperimentalnih podataka, nije potrebno utvrđivati značajan set faktora, odnosno ulaznih podataka koji su neophodni za primenu analitičkog modela. Pored toga, neki od ulaznih podataka su samo aproksimativno odredivi, a i u samom „HCM“-u je sugerisano da se sprovedu terenska istraživanja.

Postavlja se pitanje koja, manja, veličina uzorka bi, takođe, dala slične, pozdane rezultate. Istraživanje obima uzoraka može se obaviti i u drugom smeru, odnosno da se istraži koliki uzorak prolazaka je neophodan kako bi se odstupanje između dva pristupa smanjilo na 1, 2 ili 3%.

Odgovor na ova pitanja pružio bi mogućnost boljeg i preciznijeg planiranja terenskog istraživanja, kao i optimizaciju troškova istog, a sve u funkciji pozdanih izlaznih podataka.

#### LITERATURA

[1] Vukanović, Smiljan. Upravljanje saobraćajnim tokovima pomoću

svetlosnih signala. Beograd: Saobraćajni Fakultet.

[2] Kajalić, J, Čelar N, Stanković S. (2018). Travel Time Estimation on Urban Street Segment. vol. 30, str. 115-120.

[3] Čelar N, Stanković S, Kajalić J, Stepanović N. (2018). Methodology for Control Delay Estimation Using New Algorithm for Critical Points Identification. vol. 144.

#### SUMMARY

### CORRIDOR LEVEL OF SERVICE – CASE STUDY: VOJVODE STEPE STREET

**Abstract:** *The subject of this paper was determining the level of service (LoS) on the corridor. The methodology for determining level of service on a section, given in 2010 "Highway Capacity Manual" was applied. Results i.e. level of service obtained from experimental data and the analytical model were compared. Data needed for this analysis was collected via "floating car data" method using an application developed for smartphones. Experimental research and data collection was conducted in Belgrade, along Vojvode Stepe Street, in the direction from Kružni put voždovački towards Oslobođenje Boulevard, in the morning peak hour. Based on the sample of 7 runs, it was concluded that the deviation between the ratio of travel speed and the base free speed value, calculated through two different procedures, is less than 5 percent.*

**Keywords:** level of service, HCM, corridor, Vojvode Stepe



# ANALIZA UTICAJA ZAGUŠENJA NA NIVO BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

**Miloš Malbaša**, Saobraćajni fakultet, Beograd, milosmalbasa95@gmail.com

**Stefan Stojanović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, stojanovic.stefan12vr@gmail.com

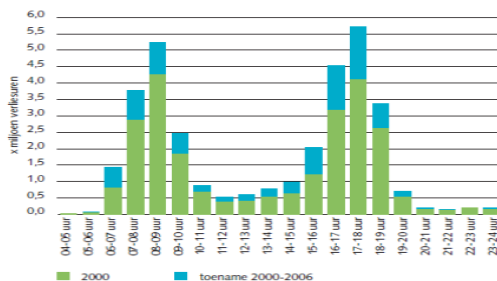
**Dragana Božić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, bdragana95@gmail.com

**Rezime:** U ovom radu je prikazano istraživanje koje je sprovedeno od strane holandskog instituta za istraživanje bezbednosti saobraćaja. Cilj ovog istraživanja je bolje razumevanje uticaja zagušenja na promenu nivoa bezbednosti saobraćaja. Istraživači su postavili četiri polazne hipoteze koje su pokušali da dokažu korišćenjem sopstvenih i stranih istraživanja. Prva hipoteza je da se sa povećanjem nivoa zagušenja povećava broj saobraćajnih nezgoda, a broj teških saobraćajnih nezgoda se smanjuje. Druga hipoteza polazi od toga da se promene u tipu, broju i težini saobraćajnih nezgoda javljaju u trenutku kada počinje stvaranje saobraćajnog zagušenja. Treća hipoteza polazi od toga da kada se jednom formira red usled zagušenja, lakše saobraćajne nezgode će se dešavati unutar reda, a teže na kraju reda usled naletanja vozila na formirani red. Četvrta hipoteza polazi od toga da uticaj zagušenja na bezbednost saobraćaja zavisi od toga da li su vozači iznenađeni prilikom nailaska na formirani red ili su to mogli ranije predvideti odnosno zavisi od tipa zagušenja, lokacije na kojoj se nalazi formirani red i upotrebe inteligentnih saobraćajnih sistema.

**Ključne reči:** saobraćajno zagušenje, saobraćajne nezgode, nivo bezbednosti saobraćaja, saobraćajni tok, odnos tok/kapacitet

## 1. UVOD

Mobilnost se značajno povećava u poslednjih nekoliko decenija a očekuje se da se taj trend nastavi i u budućnosti [1]. U Holandiji broj pređenih kilometara se povećao za 5% između 2000. i 2008. godine, a stepen motorizacije za 10% u tom istom periodu. Broj pređenih kilometara na holandskim autoputevima se uvećao sa 55,6 na 63,3 milijarde, u periodu od 2000. do 2007. godine. Sve ove promene su dovele do pojave zagušenja na saobraćajnicama koje nemaju dovoljno kapaciteta da odgovore tim saobraćajnim zahtevima. Vremenski gubici kao posledica saobraćajnog zagušenja na auto-putevima su se povećali za 58%, odnosno sa 30,8 miliona časova na 48,7 miliona časova [2] u periodu od 2000. do 2008. godine.



Slika 1: Povećanje vremenskih gubitaka prikazano po periodima dana u periodu od 2000. do 2006. godine [3].

Na Slici 1 su na y-osi prikazani vremenski gubici a na x-osi periodi dana u kojima dolazi do tih gubitaka. Sa slike se jasno vidi da su vremenski gubici najveći upravo u periodima vršnih časova kada je zagušenje najveće [3]. Pored samih vremenskih gubitaka koje trpe korisnici, zagušenja u saobraćaju imaju jako veliki



uticaj i na pojavu stresa što je jako veliki problem u današnje vreme. Pored navedenog, zagušenja u saobraćaju utiču negativno i na ekonomiju (smanjujući produktivnost), životnu sredinu (povećavajući buku, emisiju štetnih gasova i potrošnju resursa). Ukupni efekti saobraćajnih zagušenja na bezbednost saobraćaja nisu još uvek u potpunosti istraženi. Prema istraživanjima Rietveld & Shefer (1994) došlo se do rezultata koji ukazuju da saobraćajna zagušenja imaju pozitivan efekat na teške saobraćajne nezgode kao posledica malih sudarnih brzina [4]. Kada se protok povećava i gustina teži kritičnoj vrednosti ovo stanje se naziva nestabilnim saobraćajnim tokom. U uslovima nestabilnog saobraćajnog toka usled disperzija brzina dolazi do pojave saobraćajnih nezgoda usled naletanja vozila od pozadi na vozilo koje je zaustavljeno ili se kreće manjom brzinom. Kako bi se rešili problemi u bezbednosti saobraćaja vrlo je važno razumeti funkcionisanje saobraćajnog toka i njegov uticaj na bezbednost saobraćaja (nastanak saobraćajnih nezgoda). Ovo istraživanje se posebno bavi uticajem nestabilnog i zasićenog saobraćajnog toka na pojavu saobraćajnih nezgoda.

## 2. POLAZNE HIPOTEZE

### *Prva hipoteza*

Nivo saobraćajnog zagušenja se kontinuirano povećava u poslednjih nekoliko decenija a prateći trend to će biti nastavljeno i u budućnosti. Generalna predviđanja su da će broj saobraćajnih nezgoda rasti sa povećanjem nivoa zagušenja, ali će se smanjivati broj saobraćajnih nezgoda sa teškim posledicama.

### *Druga hipoteza*

U trenucima kada počinje pojava zagušenja u saobraćajnom toku dolazi do

smanjenja prosečnih brzina i povećanja interakcije između vozila što prozrokuje tzv. nestabilan saobraćajni tok. U uslovima nestabilnog saobraćajnog toka očekuje se pojava saobraćajnih nezgoda sa malim posledicama usled malih sudarnih brzina, odnosno očekuje se povećan broj saobraćajnih nezgoda usled naletanja od pozadi, bočnih sudara i izletanje van kolovoza usled manevara vozača kako bi izbegli stajanje u zaustavljenoj koloni. Učestalost, tip i težina saobraćajnih nezgoda očekuje se da budu pod uticajem promena uslova u saobraćajnom toku.

### *Treća hipoteza*

Treća hipoteza polazi od toga da će doći do saobraćajnih nezgoda sa manjim posledicama unutar reda usled "krenistanji" vožnje, ali sa druge strane se očekuju teže saobraćajne nezgode usled naletanja vozila na formiranu kolonu kao posledica toga što vozači mogu biti iznenađeni, neočekivajući formiranu kolonu vozila na tom mestu.

### *Četvrta hipoteza*

Četvrta hipoteza polazi od toga da postoje dva tipa zagušenja a to su periodična (rekurentna) i neperiodična (nerekurentna). Periodična zagušenja se javljaju kada zahtevi prevazilaze kapacitet, dok se neperiodična zagušenja javljaju usled incidentnih situacija. Za vozače su mnogo pogodnija periodična zagušenja jer ih je moguće vremenski i prostorno determinisati. Sa druge strane zagušenja usled incidenata se ne mogu unapred predvideti i predstavljaju iznenađenje za vozače što dovodi do rizika nastanka teških saobraćajnih nezgoda. Ova hipoteza polazi od pretpostavke da će bezbednost saobraćaja zavisiti od tipa zagušenja to jest u kojoj meri su vozači iznenađeni prilikom naletanja na formirani red vozila.

Sprovedena su dva tipa studije koji istražuju vezu između saobraćajnog toka u

određenim uslovima i učestalosti, težine i tipa saobraćajnih nezgoda sa druge strane:

**Prva studija** koristi podatke dobijene dužim posmatranjem na terenu, upoređujući zagušenja i nivo bezbednosti na različitim lokacijama u različitim vremenskim periodima.

**Druga studija** se bazira na kratkim periodičnim opažanjima sa terena (npr. na pet minuta) i pokušava da donese zaključak o uticaju različitih uslova saobraćajnog toka na pojavu saobraćajnih nezgoda.

### 3. REZULTATI DOBIJENI PRVOM STUDIJOM

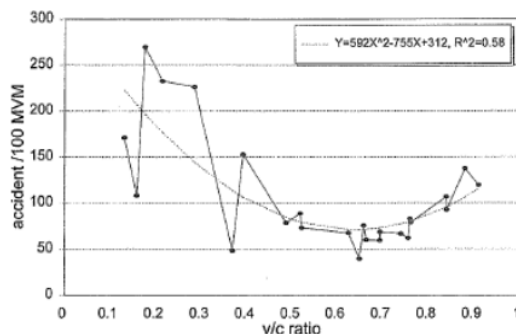
U ovoj studiji [6] analizirano je pet vangradskih saobraćajnica i pet autoputskih deonica. Obim saobraćaja po traci je korišćen kao pokazatelj zagušenja. Učestalost saobraćajnih nezgoda i stopa saobraćajnih nezgoda su računane po sledećim formulama.

$$UN = \frac{\text{Broj saobraćajnih nezgoda na deonici}}{\text{Dužina deonice}}$$

$$SN = \frac{\text{Broj saobraćajnih nezgoda na deonici}}{\text{Dužina deonice} * PGDS}$$

Rezultati pokazuju da sa povećanjem prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS) dolazi do većeg broja saobraćajnih nezgoda na posmatranim deonicama, dok se sa porastom PGDS-a na autoputevima broj saobraćajnih nezgoda sa teškim posledicama smanjuje.

U daljem istraživanju [5] su uzete deonice urbanih auto- puteva, a odnos tok/kapacitet je korišćen kao mera uslova u saobraćajnom toku. Sve posmatrane deonice su imale sličan odnos tok/kapacitet i geometrijske karakteritike kolovoza sa dužinama od 26 km. Posmatrano je kako se sa promenom odnosa tok/kapacitet menja stopa saobraćajnih nezgoda na 100 km dužine po časovima. Rezultati su prikazani na Slici 2.



Slika 2 Promena stope saobraćajnih nezgoda u zavisnosti od promene odnosa tok/kapacitet [6]

Sa Slike 2 uočavamo da je stopa saobraćajnih nezgoda najveća u časovima sa malim odnosom tok/kapacitet, kako se odnos tok/kapacitet povećava ova stopa se smanjuje sve do trenutka kada odnos tok/kapacitet dostigne vrednost 0,7 i dalje nastavlja da raste do trenutka kada odnos tok/kapacitet dostigne vrednost 1. Ovaj takozvani U-oblik dijagrama je zabeležen i prilikom analize saobraćajnih nezgoda sa više učesnika, to jest pri malom odnosu tok/kapacitet broj saobraćajnih nezgoda sa većim brojem učesnika je najveći, kako tok/kapacitet raste stopa saobraćajnih nezgoda opada sve do određenog trenutka, da bi na kraju opet nastavila da raste. Međutim uočena je još jedna zanimljiva stvar sa povećanjem odnosa tok/kapacitet broj saobraćajnih nezgoda sa smrtnim ishodom i sa teško telesno povređenima se smanjuje. Važno je istaći da na ove rezultate pored odnosa tok/kapacitet uticaj su mogli imati vremenski uslovi i stanje u kojem su se nalazili vozači (umor, alkohol itd.).

Nasuprot ovome, Wang, Quddus & Ison su 2009. sprovedli još jednu studiju o uticaju uslova u saobraćajnom toku na pojavu saobraćajnih nezgoda [7]. Oni su upotrebili indeks zagušenja kao meru zagušenja u saobraćajnom toku, koji su dobili kao razliku između vremena putovanja u realnom toku i vreme

putovanja u slobodnom toku podeljen sa vremenom putovanja u slobodnom toku:

$$CI = \frac{T - T_0}{T_0} \quad (1)$$

gde su:

$CI$  - indeks zagušenja;

$T$  - vreme putovanja u realnom toku;

$T_0$  - vreme putovanja u slobodnom toku.

Ovaj indeks zagušenja je bio računat za svaki posmatrani čas istraživanja. Veće vrednosti ovog indeksa ukazuju na veće zagušenje u saobraćajnom toku. Rezultati ove studije su pokazali da nema značajnijih veza između zagušenja sa jedne strane i učestalosti ili težine saobraćajnih nezgoda sa druge strane.

Ova studija ima nedostatke s obzirom da koristi podatke koji su prikupljeni duži vremenski period, ne mogu se uočiti određene veze između različitih uslova u saobraćajnom toku i saobraćajnih nezgoda. Zbog toga je sprovedeno još jedno istraživanje koje se bazira na manje vremenske intervale, tj. posmatra uticaj različitih uslova saobraćajnog toka na pojavu saobraćajnih nezgoda.

#### 4. REZULTATI DOBIJENI DRUGOM STUDIJOM

Kako bi se uočile određene pojave u saobraćajnom toku uveden je novi pristup koji se zasniva na korišćenju odvojenih podataka. Razlog korišćenja razdvojenih podataka je veća mogućnost da se uoče vremenski periodi u kojima se uslovi u saobraćajnom toku razlikuju. Upravo to nam pruža mogućnost da uočimo zakonitost nastanka saobraćajnih nezgoda za svako stanje saobraćajnog toka.

U studiji sprovedenoj [8] u Kaliforniji korišćeni su podaci dobijeni sa induktivnih petlji po peto minutnim intervalima. Ispitalo se pri kakvim uslovima saobraćajnog toka dolazi do povećanja

nastanka saobraćajnih nezgoda. Posmatrane su tri uticajne veličine i koja od njih je u najvećoj korelaciji sa nastankom saobraćajnih nezgoda. Korišćene veličine su:

- prosečna brzina;
- disperzija brzina;
- gustina toka.

Istraživači su došli do zaključka da najveći uticaj na pojavu saobraćajnih nezgoda ima disperzija brzina u saobraćajnom toku.

Vrlo sličan pristup je primenjen u studiji sprovedenoj 2006. od strane Hourdos, J., et al. gde su analizirane deonice auto-puteva na kojima se javlja veći broj saobraćajnih nezgoda [9]. Oni su istraživali vezu između parametara saobraćajnog toka i saobraćajnih nezgoda na jednoj milji dužine deonice auto-puta u Minapolisu. Podaci koji su korišćeni su bili prikupljeni sa video kamera i merenjem saobraćaja na nekoliko lokacija. Kamere su korišćene sa ciljem da se dobije tačno vreme nastanka saobraćajnih nezgoda, s obzirom da podaci dobijeni iz policijskih izveštaja o vremenu nastanka saobraćajnih nezgoda nisu uvek potpuno pouzdani. Studija je uključila pored 30 saobraćajnih nezgoda i 122 zamalo saobraćajne nezgode (situacije u kojima su vozači manevrom u poslednjem trenutku uspeli da izbegnu saobraćajnu nezgodu). Oni su prilagodili model koji uključuje nekoliko veličina saobraćajnog toka:

- prosečna brzina saobraćajnog toka;
- koeficijent varijacije brzine;
- kinetička energija;
- saobraćajni pritisak (dobijen kao proizvod gustine i varijanse brzine).

Pored toga model je uključio i faktore okruženja (vidljivost, preglednost uticaj sunčevih zraka). Došlo se do zaključka da velike razlike u brzinama i gustinama

između traka povećavaju verovatnoću nastanka saobraćajnih nezgoda.

Golob, Recker i Pavlis su 2008. predstavili model koji procenjuje vezu između parametara saobraćajnog toka sa jedne strane i tipa, težine, lokacije i broja vozila koji je učestvovao u saobraćajnim nezgodama [10]. Podaci o veličini saobraćaja su uzeti sa šest auto-puteva prikupljeni uz pomoć detektorskih petlji u periodu od šest meseci. Posmatrani auto-putevi su imali tri ili više traka ali su u istraživanju posmatrane samo tri trake. Oni su pronašli da podaci dobijeni sa detektora 20 minuta pre nastanka saobraćajnih nezgoda bitno opisuju uslove u saobraćajnom toku koji povećavaju verovatnoću nastanka saobraćajnih nezgoda.

Istraživači su došli do zaključka da osam faktora mogu objasniti vezu između uslova saobraćajnog toka i bezbednosti na auto-putevima sa tri ili više traka:

- zagušenje u levoj i srednjoj saobraćajnoj traci;
- veličina saobraćaja po trakama;
- sinhronizovanost saobraćajnih uslova po trakama;
- smetnje pored desne saobraćajne trake;
- razlike u veličini saobraćaja po traka;
- sinhronizovanost promena u veličini saobraćaja po trakama;
- sinhronizovanost saobraćajnog toka u levoj i srednjoj saobraćajnoj traci;
- usaglašenost saobraćajnog toka po trakama.

Njihova studija je pokazala da kada su leva i srednja saobraćajna traka zagušene verovatnoća da će doći do teških saobraćajnih nezgoda se smanjuje. Ako sve saobraćajne trake imaju sličanu veličinu saobraćaja onda zagušenje smanjuje broj teških saobraćajnih nezgoda za više od

polovinu. Razlog ovoga je redukcija brzine usled zagušenja u saobraćajnom toku.

Kada su u pitanju tipovi saobraćajnih nezgoda istraživači su došli do rezultata da kada su leva i srednja traka zagušene raste verovatnoća da će doći do bočnih sudara i sudara usled naletanja vozila od pozadi. Tipovi saobraćajnih nezgoda udar u fiksni objekat se najčešće javljaju kada su sve trake približno jednakog zagušenja. Studija takođe pokazuje da je najveća verovatnoća nastanka tipa sudara naletanje od pozadi u uslovima nestabilnog saobraćajnog toka.

Sledeća studija je sprovedena 2005. godine od strane Abdel-Aty, Uddin & Pande koja je istraživala verovatnoću nastanka nezgoda u zavisnosti od uslova saobraćajnog toka, ali je posebno bio posmatran saobraćajni tok pri malim i većim brzinama [11]. Razlika između režima visokih i niskih brzina je napravljena uz pomoć histograma prosečnih brzina zabeleženih na induktivnim petljama. Posmatrana razlika u brzinama je bila za 60 km/h. Rezultati istraživanja su pokazali da se veći broj saobraćajnih nezgoda dogodio upravo pri manjim brzinama.

Studija sprovedena od strane Lee, Abdel-Aty & Hsia 2006. godine je istraživala u kojim uslovima saobraćajnog toka dolazi do bočnih sudara [12]. Oni su analizirali 58 km auto-putskih deonica na kojima su se događale saobraćajne nezgode u poslednje četiri godine. Rezultati analiza su pokazali da se najveći broj saobraćajnih nezgoda tipa bočni sudari događaju kada je saobraćajni tok ne zagušen, dok se saobraćajne nezgode, naletanje od pozadi događaju u oba slučaja (zagušen i nezagušen saobraćajni tok). Oni su došli do zaključka da se bočni sudari javljaju upravo pri čestim promenama saobraćajnih traka a to je moguće jedino u uslovima ne zagušenog saobraćajnog toka.

U studiji Lee, Hellinga & Saccomanno iz 2003., došlo se do rezultata da je verovatnoća nastanka saobraćajnih nezgoda veća prilikom formiranja i pražnjenja reda nego unutar već formiranog reda [13].

## 5. ZAKLJUČAK

### ***Odgovor na prvu hipotezu***

Kada je u pitanju prva hipoteza rezultati istraživanja nisu dosledni u potpunosti. Neke studije [5, 6] su pronašle da visok odnos tok/kapacitet utiče na povećanje stope saobraćajnih nezgoda ali smanjuje saobraćajne nezgode sa teškim posledicama. Međutim, prema istraživanju Lord, D., et al. došlo se do rezultata da se stopa saobraćajnih nezgoda smanjuje sa povećanjem gustine saobraćajnog toka [14]. Wang, Quddus & Ison [7] nisu došli do zaključka da postoji veza između zagušenja sa jedne strane i težine ili broja saobraćajnih nezgoda sa druge strane. Nijedna od ovih studija nije dala odgovor na pitanje o uticaju zagušenja na stopu saobraćajnih nezgoda.

### ***Odgovor na drugu hipotezu***

Kada je u pitanju druga hipoteza rezultati pokazuju da je ona u potpunosti tačna. Sve studije ukazuju da verovatnoća nastanka saobraćajnih nezgoda raste kada se povećava disperzija brzina, (tipično za nestabilan saobraćajni tok). Takođe velike razlike između brzina i gustina u susjednim trakama povećavaju verovatnoću nastanka saobraćajnih nezgoda na auto-putevima. Broj saobraćajnih nezgoda sa teškim posledicama se smanjuje kada odnos tok/kapacitet raste.

Studija [10] pokazuje da u uslovima nestabilnog toka verovatnoća pojave saobraćajnih nezgoda naletanje od pozadi je mnogo veća. Takođe došli su do zaključka da kako veličina saobraćajnog toka raste saobraćajne nezgode naletanje

od pozadi su učestalije nego bočni sudari. Generalno kada saobraćajni tok postaje zagušen dolazi do porasta broja saobraćajnih nezgoda sa više učesnika.

### ***Odgovor na treću hipotezu***

Treća hipoteza nije mogla biti u potpunosti ispitana usled nedostatka literature na ovu temu. Međutim neka istraživanja koja su sprovedi Lee, Hellinga & Saccomanno pokazuju da verovatnoća nastanka saobraćajnih nezgoda raste u trenutku formiranja i pražnjenja reda [13]. Takođe njihova istraživanja pokazuju da tip saobraćajnih nezgoda naletanje od pozadi je učestaliji prilikom formiranja nego prilikom pražnjenja reda. U studiji Golob, Recker & Pavlis se došlo do zaključka da kada jednom dođe do zagušenja i sve saobraćajne trake su približno istog saobraćajnog opterećenja značajno se smanjuju saobraćajne nezgode sa teškim posledicama [10]. Kada su leva i srednja saobraćajna traka na auto-putu zagušene verovatnoća nastanka saobraćajnih nezgoda naletanje od pozadi i bočnih sudara raste.

### ***Odgovor na četvrtu hipotezu***

Kada je u pitanju četvrta hipoteza o uticaju periodičnog i neperiodičnog zagušenja na nivo bezbednosti saobraćaja nije se moglo doći do nikakvih zaključaka usled nedostatka istraživanja na ovu temu. Faktori kao što su lokacija gde se formira red (pregledna ili ne pregledna lokacija), primena znakova sa izmenljivim sadržajem poruka (VMS) i detektora za automatsku detekciju incidentnih situacija će odrediti u kom stepenu će zagušenje uticati na nivo bezbednosti saobraćaja.

## LITERATURA

- [1] Janssen, L.H.J.M., Okker, V.R. & Schuur, J. (2006). Welvaart en Leefomgeving. Centraal Planbureau, Natuur en Milieu Planbureau, Ruimtelijk Planbureau, Den Haag, the Netherlands.

- [2] DVS (2009). Nationale Mobiliteitsmonitor 2009. Dienst Verkeer en Scheepvaart, in opdracht van de Stuurgroep Nationale Mobiliteitsmonitor, Delft, The Netherlands.
- [3] KiM (2008). Mobiliteitsbalans 2008. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM, Den Haag, The Netherlands.
- [4] Rietveld, P. & Shefer, D. (1994). Congestion and safety on highways : towards an analytical model. In: Proceedings of the Third International Conference on Safety and the Environment in the 21st Century : lessons from the past, shaping the future. Tel Aviv, Israel, p. 56-78.
- [5] Zhou, M. & Sisiopiku, V. (1997). Relationship between volume-to-capacity ratios and accident rates. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nr. 1581, p. 47-52.
- [6] Chang, G. & Xiang, H. (2003). The relationship between congestion levels and accidents. Maryland State Highway Administration, Baltimore, United States.
- [7] Wang, C., Quddus, M.A. & Ison, S.G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 41, nr. 4, p. 798-808.
- [8] Oh, C., et al. (2001). Real-time estimation of freeway accident likelihood. In: Proceedings of the 80th TRB Annual Meeting 2001. Washington, D.C., Transportation Research Board TRB.
- [9] Hourdos, J., et al. (2006). Real-time detection of crash-prone conditions at freeway high-crash locations. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nr. 1968, p. 83-91.
- [10] Golob, T.F., Recker, W. & Pavlis, Y. (2008). Probabilistic models of freeway safety performance using traffic flow data as predictors. In: Safety Science, vol. 46, nr. 9, p. 1306-1333.
- [11] Abdel-Aty, M., Uddin, N. & Pande, A. (2005). Split models for predicting multivehicle crashes during high-speed and low-speed operating conditions on freeways. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nr. 1908, p. 51-58.
- [12] Lee, C., Abdel-Aty, M. & Hsia, L. (2006). Potential real-time indicators of sideswipe crashes on freeways. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nr. 1953, p. 41-49.
- [13] Lee, C., Hellinga, B. & Saccomanno, F. (2003). Real-time crash prediction model for application to crash prevention in freeway traffic. In: Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, nr. 1840, p. 67-77.
- [14] Lord, D., Manar, A. & Vizioli, A. (2005). Modeling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 37, nr. 1, p. 185-199.
- [15] Wang, C., Quddus, M.A. & Ison, S.G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. In: Accident Analysis & Prevention, vol. 41, nr. 4, p. 798-808.
- [16] <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-2010-12.pdf>



**SUMMARY****THE ANALYSIS OF TRAFFIC CONGESTION EFFECT ON ROAD SAFETY**

**Abstract:** *This paper presents the research conducted by Dutch Institute for Road Safety Research. The aim of this paper is to better understand the impact of traffic congestion on the road safety level variability. Researchers set four initial hypotheses that they have tried to prove by using their own research and foreign research. First hypothesis argues that as traffic congestion level increases, the number of traffic accidents increases and the number of severe traffic accidents decrease. Second hypothesis is based on the premise that the changes in traffic accident type, number and severity appears in the moment when traffic congestion begin to generate. Third hypothesis is based on the premise that once the queue is formed due to the traffic congestion, less severe traffic accidents occur inside the queue and more severe traffic accidents occur at the end of the queue due to the rear-end collisions. Fourth hypothesis is based on the premise that the road safety effect of traffic congestion depends on whether drivers are surprised when approaching the queue formed or they could anticipate that earlier, i.e. it depends on traffic congestion type, queue location and intelligent transport system usage.*

**Key words:** *traffic congestion, road accidents, traffic safety level, traffic flow, volume/capacity ratio*

**GRUPA B**

---

# **SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE**

**SAVREMENI TRENDVI, PROJEKTANTSKA ISKUSTVA I  
ZAKONSKA REGULATIVA**

---





**GRUPA B****SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE****SAVREMENI TRENDovi, PROJEKTANTSKA ISKUSTVA I ZAKONSKA REGULATIVA**

---

**NOVE IDEJE I POTENCIJALI OPREME I INFO-SISTEMA NA ULICAMA I PUTEVIMA**

*Dr Branimir Stanić, Dr Ana Trpković*

**SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE U FUNKCIJI REDIZAJNIRANJA SAVREMENIH GRADOVA -  
STUDIJA SLUČAJA JAPAN**

*Sreten Jevremović, Dr Ana Trpković, Dr Branimir Stanić*

**KONTINUITET U OTVORENOM JAVNOM PROSTORU GRADA: PRIMER IDEJNOG REŠENJA SA  
KONKURSA ZA TRI CENTRALNA TRGA U BEOGRADU (TRG NIKOLE PAŠIĆA, TRG TERAZIJE I TRG  
REPUBLIKE)**

*Milena Kordić, Svetlana Batarilo, Ranka Gajić, Ana Trpković*

**METODOLOGIJA PROVERE ISPUNJENOSTI STANDARDA I KRITERIJUMA PRISTUPAČNOSTI U  
SAOBRAĆAJU U FUNKCIJI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI**

*Mr Miodrag Počuć, Goran Kalamanda, Igor Vukobratović, Milana Antelj, Jovana  
Ivančević*

**PREDLOG TEHNIČKIH MERA ZA RAZVOJ BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA U BEOGRADU**

*Sladana Marković, Maja Dimitrijević, Nevena Stević, Ognjen Petar Todorović*

**SAOBRAĆAJNO-TEHNIČKO UREĐENJE PUTNO-PRUŽNIH PRELAZA**

*Marijana Pantić, Dejan Ivanović, Biljana Ranković Plazinić, Milutin Đenadić,  
Aleksandar Salević*

**STANDARDIZACIJA, PROJEKTOVANJE I UPOTREBA GRAFIČKIH SIMBOLA U SAOBRAĆAJNOM  
IŽENJERSTVU**

*Ana Trpković, Ivana Subotić, Petar Reković, Igor Vukobratović, Naser Mostafa*



## NOVE IDEJE I POTENCIJALI OPREME I INFO-SISTEMA NA ULICAMA I PUTEVIMA

dr Branimir Stanić, Saobraćajni fakultet, Beograd, b.stanic@sf.bg.ac.rs

dr Ana Trpković, Saobraćajni fakultet, Beograd, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** *Info-sistemi na ulicama i putevima su najvidljiviji elementi saobraćajne scene koja prati njihovu eksploataciju. Tokom istorije putnog graditeljstva oni su evoluirali od nekoliko znakova opasnosti i oznaka na kolovozu dobijenih korišćenjem bojila, do sistema složenije arhitekture, znakova na posebnim ekranima, aktivnim putnim senzorima itd. Ulice i putevi postaju "komunikacioni" kanali sa složenijim funkcijama koji komuniciraju sa korisnicima i njihovim vozilima. U radu su prikazane neke nove ideje koje se odnose na današnji status i skoriju budućnost tzv. spoljašnjih info-sistema. Namera inženjera je pre svega usavršavanje i povećanje kvaliteta info-sistema. Razumljivo da je u toj oblasti prisutno više ideja, čak ponekad međusobno suprotstavljenih. Prostor ne dozvoljava potpuni uvid i prikaz svega o čemu se danas govori i zato je materija obrađena kroz nekoliko odabranih primera, kojima se ilustruju neki važniji trendovi u tom delu saobraćajnog inženjerstva.*

**Ključne reči:** *saobraćajna signalizacija i oprema, info-sistemi, nove ideje, napredne tehnologije*

### 1. UVOD

Spoljašnji info-sistem na ulicama i putevima se smatra jednim od najvažnijih "komponenti" koja komunicira sa učesnicima u saobraćaju a sadrži različite informacije, upozorenja, naredbe i sl., koje omogućavaju kontrolisan, upravljani i siguran saobraćaj. Jedan značajan deo info-sistema čine različiti (saobraćajni) znakovi ili "signalizacije", koje se, po pravilu, usklađuju i na širem regionalnom i međunarodnom nivou (tzv. konvencije) a detaljnije se definišu državnim propisima (zakoni, uredbe) i "lokalnim" standardima.

U drumskom saobraćaju danas se koriste tri spoljašnja info-sistema: **stalni** koji prati eksploataciju puta ili ulice, **privremeni** koji podržava radove i druge intervencije na ulicama i putevima i **posebni** koji se uspostavlja u vanrednim situacijama, u slučaju elementarnih nepogoda, poplava, zemljotresa i sl.

Posmatrano iz ugla projektanta, ovi sistemi sadrže "podskupove" od puno standardizovanih znakova (tzv. klasična vertikalna signalizacija), oznaka na kolovozu i drugim saobraćajnim površinama (horizontalna signalizacija), delimično standardizovanih znakova (putokazi i sl.) i jednog dosta širokog skupa nestandardizovanih elemenata i opreme, koji su "podrška" predhodno navedenim.

Danas su u segmentu saobraćajnog inženjerstva na ulicama (naselja, gradova) i putevima, prisutna najmanje tri pristupa info-sistemima:

- **Mondermanov koncept,**
- **Koncept naprednih tehnologija i**
- **Koncept IT tehnologija**

### 2. MONDERMANOV KONCEPT

Hans Monderman (1945 - 2008), holandski saobraćajni inženjer, je u delu manjih naselja u regionu Friesland, u

uslovima nedostatka novca, a sa ciljem redukovanja broja nezgoda sa pešacima, predložio radikalno rešenje organizovanja ulične scene - uklanjanje signalizacije. Projekat je nazvan "naked street" jer je u suštini i predstavljao "ogoljavanje" ulične scene i promenu ponašanja vozača i pešaka - ideja je bila da se oni pogledom "dogovaraju" o sopstvenoj sigurnosti u kretanju.

Ulice bi bile oblikovane kao "integrisani" zajednički prostori („shared space“) - slika 1. Dobijeni rezultati nakon primene koncepta su ukazali na poboljšanje stanja i znatnu redukciju broja i incidentnih situacija i nezgoda. Rezidencijalni kvartovi u gradovima, a i mnoga manja naselja širom Evrope, oblikovana su na osnovu Mondermanovih ideja. Jedna od njegovih važnih sentenci, upućena inženjerima je: "Ako se prema vozačima ponašate kao da su idioti, onda će se oni i ponašati kao idioti ...".



Slika 1. Primer "Zajedničkog prostora"

Monderman je figurativno rečeno, "otvorio" Pandorinu kutiju ideja o tome kome naselje, i grad kao "zbirka" manjih naselja, treba da služi i u krajnjoj liniji kome pripada. Da li se naselje ili grad može posmatrati kao jedna specifična "društvena laboratorija" koja treba da "proizvodi" korist za svoje stanovnike a ne da bude podređena tehničkom "gradu spektakla" (Guy Debord; 1931 – 1994.). Monderman je naravno bio svestan činjenice da će

postojati uvek delovi mreže, koji su namenjeni brzom saobraćaju i na kojima će kraljevati automobili i drugi motorni saobraćaj.

Te dve mreže mogu se integrisati i njima se može pametno upravljati. Naravno, možemo postaviti pitanje da li je na putevima moguće primeniti takav koncept?

Danas zasigurno ne, ali u budućnosti je to vrlo verovatno: senzori u vozilima će "čitati" put i moguće je da će jedan deo info-sistema biti fizički nevidljiv. Info-sistemi su do polovine prošlog veka bili uglavnom "statični" odnosno sastojali su se od znakova i oznaka koji su po sadržaju bili nepromenjivi, do trenutka sopstvenog fizičkog trajanja.

Razvoj materijala, tehnologija proizvodnje, a i brojni upravljački i regulativni zahtevi usloveli su korišćenje znakova i oznaka koje imaju tzv. dinamičke komponente a poslednjih godina se dosta istražuju mogućnosti da oni budu upravljani i kontrolisani na bazi informacija sa različitih senzora na kolovozu i u okolini puteva i ulica. Jedan od najvažnijih problema u korišćenju info-sistema na ulicama i putevima je navikavanje vozača odnosno "rutinska vožnja" uz "zanemarivanje" i previđanje znakova s jedne strane, a sa druge njihovo umnožavanje uz stalno "pojačavanje" različitih mera prinude države.

Ovaj je proces trajan i teško ga je "preokrenuti" u pozitivnom smeru, na jednostavan, efikasan i brz način samo ograničavanjem voznih brzina i povećavanjem visine kazni.

Monderman, između ostalog, ovaj problem rešava preoblikovanjem naselja i drugačijim ponašanjem stanovnika.

### 3. KONCEPT NAPREDNIH TEHNOLOGIJA

Napredne “tehnologije” su po našem mišljenju, bar u narednih desetak godina, najvažnija činjenica razvoja - jednostavno rečeno, gradnja puteva i preoblikovanje naselja i gradova je proces kome se još uvek ne nazire kraj.

Verovatno je, da će do potpune primene IT tehnologija na ulicama i putevima proteći mnogo vremena, a to vreme treba iskoristiti za početak implementacije poboljšanih i inoviranih (dakle naprednih) tehnologija na pojedinim značajnim tačkama mreže. Tehnički posmatrano, spoljni izgled takve opreme biće vrlo sličan onome što se koristi danas, a sve više će biti prisutno “uvođenje” različitih oblika dinamike u samo “tehničko rešenje”.

Na primeru puteva takav koncept se može relativno jednostavno prikazati. Jedan od tipičnih, obaveznih elemenata koji se koristi na putevima je smerokaz (smerokazni stubić).

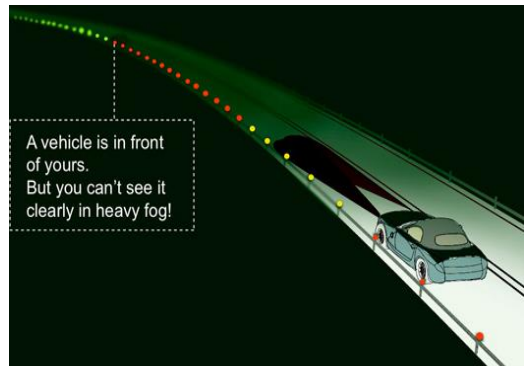
Danas postoji nekoliko varijanti u kojima je smerokaz snabdeven solarnom ćelijom i senzorima - takav “komplet” pretvara lokaciju smerokaza u tačku koja “komunicira” sa vozačima - slika 2.



Slika 2. Smerokazni stubić sa solarnom ćelijom

Naillaskom vozila aktivira se dodatno svetlo koje stvara svetlosnu barijeru za životinje u blizini.

Postoji i rešenje kada se na smerokazu aktivira upozoravajuće svetlo kada je detektovana životinja u blizini puta. Napredni smerokaz može rešiti i problem pojave MAGLE ili LEDA na pojedinim “tačkama” puta. Solarno napajajući smerokaz sa senzorom magle bi se aktivirao u opasnim okolnostima, a slično rešenje bi se moglo postaviti i na odbojnu ogradu (slika 3).



Slika 3. Smerokazni stubići sa senzorima za maglu/led

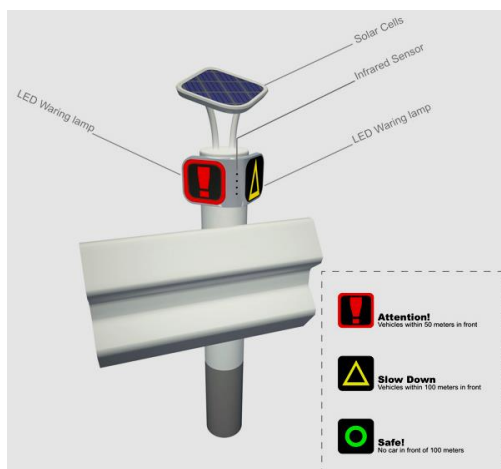
Na ovakvim lokacijama se i ivične linije mogu izvesti sa “vibrirajućim trakama” i tako se, relativno jeftinim a efikasnim merama može postići željeni efekat (slika 4).



Slika 4. Ivične linije sa vibrirajućim trakama

Na potencijalno opasnim krivinama smerokazi mogu sadržati senzore za merenje brzine, a prigodnom indikacijom

mogu upozoriti vozača na prekoračenje brzine - slika 5. itd.



Slika 5. Smerokazni stubić sa solarnim senzorom

Ovi primeri pokazuju da jedan na prvi pogled “skroman” element saobraćajne opreme, korišćenjem napredne tehnologije može biti transformisan u aktivan, dakle vrlo upotrebljiv u eksploataciji puta.

Od sedamdesetih godina prošlog veka, mnoge države grade savremene **KOC**-ove za puteve (**K**omandno-**O**perativni **C**entar), posebno za autoputeve i druge višetrake puteve u blizini naselja. U ovim “objektima” se sprovodi i prikupljanje i analiza podataka o saobraćaju prikupljenih sa senzora i brojača, obavlja se vizuelni i kontrolni nadzor na putevima, reaguje se u slučaju nezgoda, pojave zagušenja, komunicira se sa vozačima, upravlja brzinama na putevima, kontroliše sigurnost saobraćaja u tunelima i sl.

Klasična arhitektura ovih sistema podrazumeva ugradnju brojnih senzora, brojača i drugih uređaja, video nadzora i sl. i naravno povezivanje KOC-a sa njima i zbog napajanja energijom, ali i zbog komunikacije i prenosa izvršnih komandi i sl.

Pojava ideja o gradnji “**SOLARNIH PUTEVA**” postavila je put kao građevinu u jedan sasvim drugačiji kontekst: put je

“konstruktivno” postao i solarna centrala za proizvodnju energije ali i “ekran” koji omogućava direktnu komunikaciju sa vozačima i prenošenje upravljačkih naredbi itd. Ideja “solarnih puteva” je dala i jedno rešenje za puteve u toku zimske eksploatacije - naime kolovoz ovih puteva može biti “temperiran” tako da se na njemu sneg i led tope, što jasno utiče na sniženje troškova zimskog održavanja, a na ovaj način izbegnuta su i oštećenja kolovoza. “Solarni putevi” su još uvek u fazi razvoja, a prva iskustva (SAD, Holandija, Francuska, Kina) istakli su i neke probleme od kojih su najvažniji naravno u visini ulaganja, koja su još uvek relativno visoka. Ideja “solarnih puteva” je istakla i jedno moguće i realno rešenje za tzv. **DINAMIČKU HORIZONTALNU SIGNALIZACIJU**.

Bojila i drugi materijali od kojih se danas dobijaju oznake HS ne omogućavaju “dinamiku” (izmenjivost značenja prema nekom posebnom zahtevu - drugim rečima oznake HS su konstantne do trenutka fizičke degradacije). Kod “solarnih puteva” taj je problem načelno rešen jer se oznake dobijaju kao “elektronske” slike - slika 6.



Slika 6. Izmenljiva horizontalna signalizacija

To praktično znači da je celokupna površina kolovoza “raspoloživa” za oznake na kolovozu. Naravno, ovakva ideja podrazumeva postojanje KOC-a, jer se “dinamičke” oznake horizontalne signalizacije moraju koristiti pod strogom kontrolom.

Ideja “solarnih” puteva je naravno otvorila i pitanje šta raditi sa postojećim



putevima i da li je moguće postojeće puteve transformisati u "solarne". Odgovor na ovo pitanje se još uvek traži jer postoje ozbiljni konstruktivni i drugi problemi koji ograničavaju ili otežavaju ugradnju ove tehnologije sa prihvatljivim troškovima na postojećim putevima.



Slika 7. Dinamičke oznake HS

Jedno od mogućih naprednih rešenja za horizontalnu signalizaciju je primena dinamičkih i aktivnih bojila. U ovom trenutku, ove se ideje temelje na dva koncepta: jedan je zasnovan na ideji da se sunčeva svetlost akumulira preko dana a koristi se u sumrak i noću - slika 7; drugi na ideji da se bojilo kojim je izvedena oznaka aktivira na osnovu temperature kolovoza - slika 8. Oba koncepta su, u odnosu na postojeće tehnologije i materijale koji se koriste za izvođenje horizontalne signalizacije, napredne i inovativne, a prvi eksperimenti pokazuju da su materijali upotrebljivi, trajni i sa pristupačnom cenom.



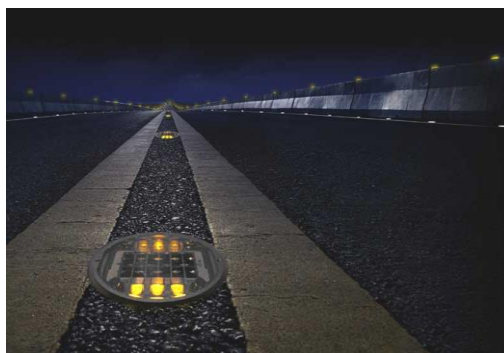
Slika 8. Dinamičke oznake HS

U napredne tehnologije koje se odnose na opremu svakakao spadaju i brojna rešenja markera-delineatora. Markeri su inače u grupi najstarijih oznaka koje su korišćene u horizontalnoj signalizaciji i potiču od pre drugog svetskog rata.

Napredna rešenja markera danas su sa solarnim "pogonom" i led sijalicama, a postoje i rešenja u kojima su markeri konstruisani sa sensorima (vlažan kolovoz, sneg, led), prikazano na slici 9.

Takvi markeri su slično smerokazima omogućili da se pojedina opasna mesta na putevima označe jednostavnim i jeftinim oznakama.

Ovi su markeri vrlo trajni jer su načinjeni od livenog aluminijuma i imaju dobre svetlosne performanse. Proizvođači daju trajnost ovim markerima od 10 godina pri svim meteo i saobraćajnim uslovima.



Slika 9. Primer markera sa sensorima

Jedna od naprednih ideja koja se bavi HS je ona koja se odnosi na ugradnju razdelnih (centralnih) linija u boji, a prema ograničenju brzine na deonici puta. Na primer: **crvena** ako je ograničenje **50 km/čas**, **žuta** ako je **80 km/čas** a **zelena** ako je ograničenje brzine **100 km/čas** itd.

Danas se inače najčešće koriste za centralne linije bela ili žuta boja (koja u SAD označava i dvosmeran saobraćaj).

U gradovima i naseljima, ivične linije mogu označavati zabranu parkiranja na kolovozu (žute boje) ali mogu služiti i za



vođenje automobila i pešaka do pojedinih važnih sadržaja itd.

Jedno od naprednih rešenja za horizontalnu signalizaciju je i njeno korišćenje kod ambijentalnog uređenja rezidencijalnih zona u naseljima i gradovima - slika 10.



Slika 10. Primer korišćenja HS u ambijentalnom uređenju

Jedno od zanimljivih naprednih rešenja dizajna saobraćajnih znakova su tzv. "SKRIVENI ZNAKOVI" odnosno znakovi koji se aktiviraju u nekoj karakterističnoj situaciji - slika 11.



Slika 11. "Skriveni znakovi"

Detektovani pešak aktivira znak koji je u tzv. neutralnom položaju tj. proziran. Mehanizam funkcioniše korišćenjem solarne energije.

Postoje i ideje da se dizajn semaforne signalizacije osavremeni i dopuni korišćenjem lasera i drugačijeg dizajna signala slika 12.



Slika 12. Primer korišćenja lasera kod svetlosne signalizacije

Primena i korišćenje ovakvih rešenja "otvara" i neke probleme u pravnoj regulativi ili "pravnom okviru", odnosno moraju se ispitati moguće pravne posledice primene novog dizajna opreme u bliskoj budućnosti.

#### 4. KONCEPT IT TEHNOLOGIJA

Arhitektura i brojna druga svojstva IT tehnologija u drumskom saobraćaju su manje više poznata. Takođe je poznato da su dosadašnje realizacije KOC-a, "strukture" koje se ustvari stalno menjaju i inoviraju opremu i senzore i unapređuju tehnologiju rada. To znači da je jedan značajan deo problema koji se odnosi na upravljanje saobraćajem zavisno od zahteva i trenutnog stanja sistema, stavljen pod kontrolu.

Može se postaviti pitanje kakav se razvoj u ovom segmentu saobraćajnog inženjerstva očekuje u budućnosti?

Info-sistemi se unapređuju i danas su na raspolaganju tehnologije koje su omogućile realizaciju lica različitih znakova (VMS) u svim bojama i za sve uslove ambijentalnog, a rešeni su i problemi preosvetljavanja znakova danju i sl.

U budućnosti se, uzevši u obzir mogućnosti VMS znakova očekuje sve češća primena KOMBINOVANIH ZNAKOVA - dakle, znakova koji su kombinacija standardnih i nestandardnih znakova i pisanih informacija, naredbi i sl.

Kombinovani znakovi se danas koriste uglavnom u različitim verzijama standardnih znakova, a napredna rešenja sve više koriste brojne upravljačke i druge informacije ili naredbe postavljene od strane operatora u KOC-u (slika 13 i slika 14).

Kombinovani znakovi očigledno moraju biti "upravljani" iz KOC-a i moraju sadržati informacije koje su, između ostalog, "proračunate" i zasnovane na podacima sa "terena".



Slika 13. Kombinovani znakovi



Slika 14. Kombinovani znakovi

Intenzivnija primena KOMBINOVANIH ZNAKOVA ističe još jedan problem u korišćenju vertikalne signalizacije - naime vozačima i drugim korisnicima sve više su potrebne informacije "izvan" seta ponude standardnih znakova i putokaza. To znači da je neophodno poboljšati komunikaciju između korisnika i info-sistema u svakom smislu, ali na koji način?

Na slici 15. prikazan je deo IT sistema budućnosti koji osim kombinovanih

znakova koristi i dronove. Oni su veoma važan "element" buduće arhitekture KOC-a jer se njima prikupljaju podaci o saobraćaju, stanju puta, meteo-uslovima, neželjenim situacijama, čak i u slučaju nastajanja nezgode, jer vrlo brzo mogu biti na "lokaciji" i pružiti prvu pomoć.



Slika 15. Primer korišćenja dronova

U praksi je već vidljivo da info-sistemi napuštaju strogo propisan okvir vertikalne signalizacije (slika 16) a to, između ostalog, otvara i problem kognitivnih kapaciteta vozača i njihovih objektivnih mogućnosti - ekran iznad puta, ekran iznad ulice, ekran u kokpitu vozila, ekran na mobilnom telefonu itd.



Slika 16. Savremeni info-sistem

Da li će senzori u vozilima ovu ponudu info-sistema savladati i na osnovu kakvog algoritma će izabrati ono što je korisnicima važno i na koji način će vozači doneti odluku o tome, ostaje kao jedno od pitanja budućnosti.

## LITERATURA

[1] Effectiveness of using variable message signs to disseminate dynamic traffic information: Evidence from field trails in European cities, Kiron Chatterjee & Mike McDonald, Pages 559-585 | Received 11 Jul 2002, Accepted 02 Dec 2003, Published online: 23 Feb 2007. <https://doi.org/10.1080/0144164042000196080>

[2] Brooke R. Ullman, Nada D. Trout, and Conrad L. Dudek: USE OF GRAPHICS AND

SYMBOLS ON DYNAMIC MESSAGE SIGNS: TECHNICAL REPORT, <http://tti.tamu.edu/documents/0-5256-1.pdf>

[3] Optimizing location of variable message signs using GPS probe vehicle data, Lingling Fan, Liang Tang, Shaokuan Chen, Published: July 6, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199831>

## SUMMARY

### NEW IDEAS AND POTENTIALS OF EQUIPMENT AND INFO SYSTEMS ON STREETS AND ROADS

**Abstract:** *Info-systems on the streets and roads are the most visible elements of a traffic scene that tracks their exploitation. During the history of road construction, they evolved from several signs of danger and markings on the road by using color, to the system of complex architecture, signs on special screens, active road sensors, etc. Streets and roads become "communication channels" with more complex functions that communicate with users and their vehicles. The paper presents some new ideas related to today's status and the recent future of the so-called external info systems. The intention of the engineers is above all the improvement and increase of the quality of the info-system. It is understandable that in this area there are more ideas, even mutually opposed. The space does not allow a complete overview and presentation of everything that is being discussed today, and that is why the matter is processed through several selected examples, illustrating some of the more important trends in that part of the traffic engineering.*

**Key words:** *traffic signalization and equipment; info-systems; new ideas; modern technology*

## SAOBRAĆAJNO PROJEKTOVANJE U FUNKCIJI REDIZAJNIRANJA SAVREMENIH GRADOVA - STUDIJA SLUČAJA JAPAN

**Sreten Jevremović**, *Saobraćajni fakultet, Beograd, jevremovic.sreten@gmail.com*

**Dr Ana Trpković**, *Saobraćajni fakultet, Beograd, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs*

**Dr Branimir Stanić**, *Saobraćajni fakultet, Beograd, b.stanic@sf.bg.ac.rs*

**Rezime:** *Stalan porast stepena motorizacije i mobilnosti u gradovima uzrokovao je njihovo naglo širenje i porast. Povećanjem broja vozila i broja kretanja na mreži, ulazi se u konceptualno bezizlazan problem. Sa jedne strane putnički automobili, kao najelastičniji vid prevoza, korisnicima daju veći nivo usluge u pogledu komfora i vremena putovanja, dok sa druge strane njihovo nekontrolisano povećanje i upotreba dovode do potpuno suprotnih efekata. Centralne zone gradova su, zbog toga, izložene i najvećim negativnim posledicama saobraćaja. U proteklom periodu, dotadašnja politika prilagođavanja grada saobraćaju zamenjena je nešto sofisticiranijom politikom prilagođavanja saobraćaja gradu. Ipak, najrazvijenije zemlje teže uravnoteženju ove dve politike i zalažu se za njihovu ravnopravnu upotrebu. Sa tim u vezi, teži se oslobađanju centralnih zona od uticaja motornog saobraćaja i uključivanja alternativnih vidova prevoza. Jedan od načina za takvo (pre)uređenje urbanih prostora predstavljaju jednostavne saobraćajne projektantsko-upravljačke mere u okviru koncepta humanog inženjeringa. Imajući navedeno u vidu, cilj ovog rada je da se kroz Case Study analizu saobraćaja i projektnih rešenja u Japanu, kao jednoj od najrazvijenih zemalja sveta, izdvoje i prikažu efikasna saobraćajna rešenja centralnih gradskih zona u kojima se posebna pažnja posvećuje nemotorizovanom saobraćaju i njegovoj integraciji sa motornim saobraćajem.*

**Ključne reči:** *saobraćajno projektovanje, humani inženjering, gradske zone, studija slučaja*

### 1. UVOD

Trend razvoja savremenog društva u mnogome je uslovio način i razvoj ostalih elemenata društvenog života. Jedan od svakako najtipičnijih primera je ekspanzija automobilske industrije i sve veća upotreba automobila.

Njihovo korišćenje ljudima je donelo niz pogodnosti čime se upotreba motornih vozila u svakodnevnom životu sve više povećavala. Ipak posledice do kojih je takva „prekomerna“ upotreba dovela, nisu samo pozitivne. Skraćenje vremena putovanja, koje se navodi kao glavna prednost korišćenja automobila, uslovilo je ubrzano širenje gradova i pojavu da

korisnici prelaze veća rastojanja kako bi došli do željenog cilja [1]. Skraćenjem vremena putovanja, većom elastičnošću i komforom koji pruža automobil, samo se utiče na povećanje njihovog broja na mreži puteva i ulica. Veći broj automobila zahteva i više prostora, kako za stacionarni tako i za dinamički saobraćaj. Time se dolazi do jednog od centralnih problema savremenih gradova - nedostatak prostora.

U slučaju drumskog saobraćaja, prostor potreban za motorna vozila često se obezbeđuje redukovanjem pešačke i biciklističke infrastrukture [2]. Na taj način, jedna grupa korisnika (najčešće nemotorizovani korisnici) uvek je u podređenom, odnosno nepovoljnijem položaju.



Savremene tendencije u iznalaženju rešenja za ovaj problem usmerene su ka humanizaciji prostora, odnosno održivim saobraćajnim rešenjima koja omogućavaju ravnopravnost i jednakost svih učesnika u saobraćaju, bilo da se radi o upotrebi prostora ili nivou usluge koji se pruža korisnicima.

Cilj ovog rada bazira se upravo na isticanju i upoznavanju sa idejama koje nudi nov pristup u saobraćajnom projektovanju. U radu su korišćeni primeri gradova Tokija, Kjotoa, Chibe i Yokohame u Japanu, u čijim su urbanim sredinama, uprkos velikim razlikama u saobraćajno-prostornim i demografskim karakteristikama, uspešno implementirane ideje koncepta humanog inženjeringa.

## **2. SAOBRAĆAJNO-URBANISTIČKE KARAKTERISTIKE GRADOVA U JAPANU**

Savremenu urbanu sredinu karakteriše raznovrsnost sadržaja, veliki broj objekata atrakcije, multimodalni terminali ili stajališta, složeni transportni sistem, itd. Svi navedeni elementi grupisani su i raspoređeni u prostoru u skladu sa određenim planskim i projektnim rešenjima.

Kako se gradovi šire, a broj automobila na mreži raste, najefikasnije rešenje svakako predstavlja povećanje kapaciteta saobraćajnica. Kao što je već napomenuto u uvodu, usled prostornih ograničenja, ova infrastrukturna unapređenja se često realizuju na račun prostora koji koriste pešaci ili biciklisti. Time se ova dva vida kretanja demotivišu, umesto da se podstiču, u skladu sa savremenim trendovima u razvijenim zemljama.

Sve do sada navedeno se može prikazati i objasniti na primeru japanskih gradova: Tokija, Kjotoa, Chibe i Yokohame, koji su bili predmet ove analize. Japan je zemlja koja se već godinama unazad bori sa

nedostatkom prostora i čiji su inženjeri pioniri u svetu u iznalaženju i primeni netipičnih projektnih rešenja.

Na samom početku, veoma je važno naglasiti da iako je Japan zemlja koja je u samom svetskom vrhu po inovativnim tehničko-tehnološkim dostignućima, sam koncept saobraćaja u urbanim sredinama zasniva se na veoma razvijenom i kvalitetnom javnom prevozu i promovisanju nemotorizovanih vidova saobraćaja. U inženjerskom fokusu na uličnoj mreži je čovek, a ne automobil, kako bi se pogrešno moglo pretpostaviti.

Jedna od značajnih razlika između Japana i evropskih zemalja, koju je potrebno istaći, je gustina naseljenosti gradova, tj. velika koncentracija stanovnika u urbanim sredinama i njihove dnevne migracije u radnim kretanjima. Ovo za posledicu ima izuzetno izražena zagušenja u vršnim satima. Iako se predviđa opadanje broja stanovnika u bliskoj budućnosti [3], sadašnji red veličina svakako uzrokuje velike probleme.

Iz tog razloga Japan se još 80-ih godina orijentisao ka humanizaciji prostora, odnosno ka postizanju i promovisanju ravnoteže između motorizovanih i nemotorizovanih učesnika u saobraćaju u urbanim sredinama. U prilog tome govore i strateški planovi u kojima se radi na implementaciji „pametnih gradova“, kompaktnih transportnih sistema, harmonizaciji prostora i kreiranju komfornog okruženja [4].

Glavni produkt inženjera u Japanu, koji je umnogome olakšao i potpomogao ostvarenje pomenutih strateških ciljeva, je efikasan sistem Javnog transporta putnika. Naime oko 70 % svih kretanja u Japanu, obavlja se železnicom, dok automobilski saobraćaj učestvuje sa oko 15 % [3]. Ovakvi podaci jasno ukazuju na činjenicu da je u urbanim sredinama, kretanje putničkim automobilom minimizirano

zahvaljujući efikasnom i kvalitetnom sistemu Javnog transporta putnika koji i preuzima najveći broj korisnika.

Naravno, demotivisanje korisnika da koriste putničke automobile postiže se i različitim merama, kroz skuplje takse, veće cene goriva ili veće troškove održavanja putničkih vozila i sl. [5].

Važno je naglasiti da uprkos nižem učešću putničkih automobila, zagušenja postoje, ali su ona svedena na minimum zahvaljujući efikasnom upravljanju i kvalitetnoj infrastrukturi.

Sa ovakvom vidovnom raspodelom stvara se osnova za primenu različitih projektnih rešenja, među kojima se poseban akcenat stavlja na humani inženjering, odnosno savremeni koncept koji se zalaže za jednakost i ravnopravnost učesnika u saobraćaju i stvaranja integrisanog i prijatnog prostora za sve korisnike.

### 3. HUMANI INŽENJERING U JAPANSKIM GRADOVIMA

U prethodnom višedecenijskom periodu primenjivane su različite ideje koje su promovisale humani inženjering, odnosno humanizaciju urbanog prostora. Među njima, kao najrasprostranjeniji, izdvojili su se koncepti: „Woonerf“, „Naked streets“, „Home Zones“ i „Shared space“, koji je ujedno i najmlađi predstavnik navedenih principa. Generalno posmatrano, svi pomenuti koncepti su deo humanog inženjeringa čiji je cilj, da pored promovisanja nemotorizovanih kretanja i stvaranja komfornog okruženja, smanji jaz, odnosno umanjí razlike između nemotorizovanih i motorizovanih korisnika, na onim mestima i u onoj meri u kojoj je to moguće [6].

Primeri ovakvih rešenja su u praksi često upotrebljavani na mestima gde postoje objekti od kulturnog značaja,

odnosno objekti atrakcije, koji bi privukli pažnju korisnika (prevashodno pešaka) da se na tim mestima zadrže. Takvi su primeri centralnih zona u Londonu, Amsterdamu, Kopenhagenu, Rimu, Stokholmu itd.

Iako možda nije očekivano, u japanskim gradovima je veoma izražena i prisutna primena elemenata humanog inženjeringa koji predstavljaju kompilaciju različitih rešenja prisutnih u pomenutim konceptima. Tako se često mogu naći primeri takozvanih „Home zones“, odnosno primeri primene u rezidencijalnim zonama gde nema izraženih objekata atrakcije. Dva karakteristična primera takvih rešenja prikazana su na Slikama 1 i 2.



Slika 17: Primer ulice u stambenom području Tokija



Slika 18: Primer ulice u stambenom području Kjotoa

Važna razlika koja se može uočiti na prikazanim slikama (Slika 1 i Slika 2) je

stepen slobode pešaka i biciklista koji im je dat pri kretanju. Na Slici 1 jasno je definisan prostor koji je namenjen kretanju vozila i kretanju pešaka, ali bez grubog fizičkog razdvajanja korisnika. Rešenje je jednostavno sprovedeno isključivo primenom horizontalne signalizacije.

Sa Slike 2 može se uočiti da ne postoje nikakve horizontalne oznake koje bi delile prostor prema određenim grupama korisnika, pa se u ovom slučaju može zaključiti da je ideja projekatnata bila da pešacima i biciklistima daju potpunu slobodu kretanja, dok bi se vozači prilagođavali postojećim uslovima.

U stambenim zonama gradova u Japanu, koji su bili predmet ove analize, uočava se često korišćenje projektantskih principa humanog inženjeringa. Klasifikacija mreže, koja je lokalnog karaktera, omogućava da se saobraćajna funkcija realizuje na zadovoljavajućem nivou za sve korisnike, pri čemu su nemotorizovani korisnici u dominantnom položaju u odnosu na korisnike putničkih automobila. Realizacija ovih rešenja je sprovedena kroz preoblikovanje saobraćajnica i primenu različitih materijala, koji su imali za cilj da, prevashodno pešacima, daju prednost u odnosu na ostale vidove kretanja.

Sa druge strane urbane zone, karakteristične za uža gradska jezgra i centre, u kojima se nalazi veliki broj atraktivnih sadržaja, restorana, ugostiteljskih objekata, tržnih centara i sl. imaju nešto drugačiji oblik zajedničkog prostora. Na Slikama 3-5 dati su primeri projektnih rešenja ulica čiji je klasičan izgled i funkciju zamenio zajednički komforan i integrisan prostor za sve korisnike.

Na ovom mestu je važno napomenuti da su takvi integrisani prostori posebno karakteristični za gradove u Japanu, dok su npr. u evropskim gradovima češće u upotrebi ekskluzivno pešačke zone, bez

kombinovanja sa ostalim vidovima kretanja.

Sva tri tipa ulice su u funkcionalnom smislu ista, dok se razlika može tražiti u idejnom saobraćajnom rešenju.

Na Slikama 3 i 4 jasno se uočava niži stepen segregacije motorizovanih i nemotorizovanih korisnika, nego što je to slučaj kod klasičnih ulica. Takođe se može uočiti funkcija uličnog imobilijara koji u ovakvim rešenjima služi za kanalisanje i upravljanje motornim saobraćajem [7].



Slika 3: Primer ulice u urbanom području oblasti Chiba



Slika 4: Primer ulice u urbanom području Yokohame

Sa druge strane, na Slici 5, ideja projekatnata bila je da se omogući potpuna sloboda kretanja pešaka dok bi funkciju kanalisanja, u ovom slučaju, preuzelo parkiralište za bicikle.





Slika 5: Primer ulice u urbanom području Tokija

Važno je napomenuti da su sva tri tipa ulice projektovani i građeni sa drugačijim materijalom (kocka, ploča itd.) nego što se to radi kod klasičnih ulica. Cilj je da se na taj način brzina kretanja vozila ograniči do oko 30 km/h što je ujedno jedan od preduslova za formiranje zajedničkih prostora [8]. Druga važna karakteristika je odsustvo ili umanjena upotreba saobraćajne signalizacije. Na taj način se rešava problem brzine, a povećava se pažnja i obzirnost vozača prema nemotorizovanim učesnicima u saobraćaju. Takođe se utiče na povećanje međusobne komunikacije između vozača i ostalih učesnika u saobraćaju [9].

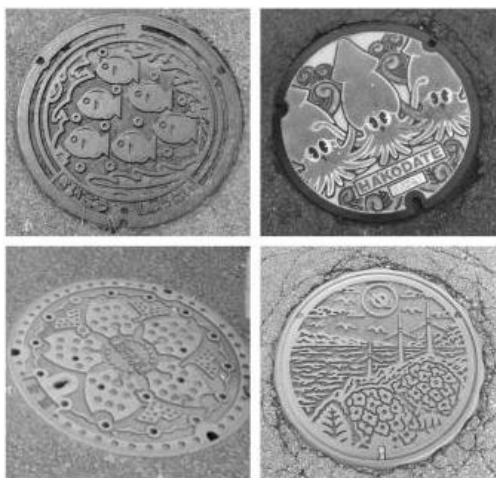
Potrebno je naglasiti da je veoma značajan element prilikom samog projektovanja ovakvih područja ulaz u zajednički prostor. To je mesto gde bi vozačima trebalo naglasiti da se ulazi na prostor u kome važe posebni ili drugačiji uslovi saobraćaja, koje vozači moraju poštovati [10].

Ipak, pre bilo kakvog preduzimanja aktivnosti potrebno je ispitati veličinu protoka. Istraživanja pokazuju da granična vrednost koja nam govori da li je pogodno ulicu redizajnirati kao zajednički prostor je 100 voz/h [11]. Ukoliko je vrednost protoka veća od navedene, izvesno je da bi se promenom funkcije ulice izazvale različite negativne posledice (zagušenja, duže

vreme putovanja, nezadovoljstvo vozača i sl.), a to je upravo suprotno osnovnom principu humanog inženjeringa.

Međutim, primeri iz japanske prakse ukazuju na mogućnost primene humanog inženjeringa i u uslovima viših saobraćajnih opterećenja. Ova činjenica nam samo pokazuje da bi u budućnosti trebalo preispitati i detaljnije istražiti kriterijume kojima bi se utvrdila veličina protoka ili opseg vrednosti, koji omogućava primenu ovih saobraćajnih rešenja.

Generalno posmatrano, prikazana rešenja, koja su prisutna na uličnoj mreži japanskih gradova, su veoma jednostavna, inženjerski precizna i intuitivno logična za korisnike. Često su i bez preterane estetske vrednosti, ali sa jasno definisanom funkcijom, mada je važno istaći da se u najužim gradskim centrima veoma vodi računa i o detaljima, što se može videti na Slici 6.



Slika 6: Izgled šahtova u urbanim zonama

Takođe je važno istaći ulogu horizontalne saobraćajne signalizacije koja se koristi u ovakvim prostorima, a koja se oslanja na već pomenuti pristup da su rešenja intuitivno logična za korisnike. Može se uočiti da se ista poruka prikazuje na različite, nejednoobrazne načine. To je

najčešće slučaj sa biciklističkim stazama, parkiralištima za bicikle i signalizacijom za vođenje pešaka.

Na kraju, važno je pomenuti razliku između tipiziranih i netipiziranih rešenja. Iako se naizgled u Japanu često primenjuju tipska rešenja, situacija je zapravo potpuno drugačija. Uopšteno govoreći, veoma je teško primenjivati tipska saobraćajna rešenja na različitim lokacijama. Takođe je teško uspostaviti sistem u kome bi sve kategorije korisnika bile jednake i imale iste uslove, ali se teži približavanju toj idealnoj jednakosti. Uslovi u kojima se saobraćajni proces realizuje počevši od vida saobraćaja, preko intenziteta pešačkih i biciklističkih tokova, vrste objekata atrakcije, do bazičnog izgleda same ulice odnosno terena, uslovljavaju primenu drugačijih projektnih rešenja. Upravo iz tog razloga počelo se sa primenom novog pristupa projektovanju, koji je orijentisan na prilagođavanje postojećim uslovima i slobodnije projektovanje.

#### 4. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu da se koncept humanog inženjeringa u osnovi zalaže za međusobnu jednakost i komunikaciju svih učesnika u saobraćaju, za prostor podjednako prijatan i komforan za sve korisnike, važno je istaći da je u praksi veoma teško realizovati i održavati jedan takav prostor. Što zbog tehničko-tehnoloških, saobraćajnih ili demografskih karakteristika korisnika i okruženja.

U opštem pogledu nivo tehničko-tehnoloških dostignuća u Japanu postavio je sasvim drugačija očekivanja u smislu dizajnerskih i projektantskih rešenja. Dok su ona, zapravo, veoma jednostavna, inženjerski precizna i intuitivno logična. Pomenuta rešenja privlače korisnike, upravo zbog lakoće kretanja i jednostavnosti snalaženja u takvim prostorima.

Primenom koncepta humanog inženjeringa, a posledično i njegovih „alata“, utiče se na smanjenje jaza između nemotorizovanih i motorizovanih učesnika u saobraćaju. Promovišu se alternativni vidovi kretanja i ostvaruje se efikasnije iskorišćenje prostora. Osnovna prednost ovog koncepta je uspostavljanje održivog razvoja i mobilnosti korisnika.

Ipak u budućnosti bi svakako trebalo detaljnije preispitati bazne koncepte i unaprediti postojeće principe projektovanja u oblasti humanog inženjeringa.

#### LITERATURA

- [1] G. Larsson, *Spatial planning systems in western Europe*. 2006.
- [2] E. H. Chapman and K. Lynch, "The Image of the City," *J. Aesthet. Art Crit.*, vol. 21, no. 1, p. 91, 1962.
- [3] M. of I. A. and C. Statistic Bureau, "Statistical Handbook of Japan," 2017.
- [4] T. Mugishima, "National Level Strategy for Infrastructure Development in Japan," 2016.
- [5] M. Enoch and H. Nakamura, "Transport policy and organisation in Japan," *Transp. Rev.*, vol. 28, no. 2, p. 21, 2008.
- [6] R. Methorst, J. Gerlach, D. Boenke, and J. Leven, "Shared Space: safe or dangerous? A contribution to objectification of a popular design philosophy," *Proc. Walk21 Conf. Toronto Oct.*, no. October, pp. 1–17, 2007.
- [7] S. Moody and S. Melia, "Shared space – research, policy and problems," *Proc. ICE - Transp.*, vol. 167, no. 6, pp. 384–392, 2014.
- [8] B. Hamilton-Baillie, "Shared space: Reconciling people, places and traffic," *Built Environ.*, vol. 34, no. 2, pp. 161–181, 2008.
- [9] C. Davis and R. Huxford, *Manual for Streets*, vol. 162, no. 3. 2009.
- [10] R. Imrie, "Auto-disabilities: The case of

shared space environments," *Environ. Plan. A*, vol. 44, no. 9, pp. 2260–2277, 2012.

[11] Department of Transport (UK), *Shared Space: Local Transport Note 1/11*, no. October. 2011.

## SUMMARY

### TRAFFIC DESIGN IN THE FUNCTION OF REDESIGNING MODERN CITIES - CASE STUDY JAPAN

**Abstract:** *A steady increase in the level of motorization and mobility in cities has caused their rapid expansion and growth. By increasing the number of vehicles and the number of movement on traffic network, we enter in a conceptually endless problem. On the one hand, passenger cars, as the most elastic mode of transport, give consumers a higher level of service in terms of comfort and travel time, while on the other hand their uncontrolled increase and usage lead to completely opposite effects. Central zones of cities are, therefore, exposed to the greatest negative consequences of traffic. In the past period, the previous policy of city to traffic adjustment has been replaced by a more sophisticated policy of adjusting the traffic to the city. However, the most developed countries are striving to balance these two policies and advocate for their equal use. In this regard, it aims to free the central zones from the impact of motor traffic and the inclusion of alternative modes of transport. One of the ways for such (re)arrangement of urban space is simple traffic design and management measures within the framework of the concept of human engineering. Having said this, the aim of this paper is to provide and demonstrate efficient traffic solutions to the central city zones, through the Case Study of traffic and project solutions in Japan, as one of the most developed countries in the world, in which special attention is paid to non-motorized traffic and its integration with motor traffic.*

**Key words:** *traffic design, human engineering, urban zones, case study*

## **KONTINUITET U OTVORENOM JAVNOM PROSTORU GRADA: PRIMER IDEJNOG REŠENJA SA KONKURSA ZA TRI CENTRALNA TRGA U BEOGRADU (TRG NIKOLE PAŠIĆA, TRG TERAZIJE I TRG REPUBLIKE)**

**Milena Kordić**, Arhitektonski fakultet, Beograd, milena.kordic@arh.bg.ac.rs

**Svetlana Batarilo**, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.batarilo@sf.bg.ac.rs

**Ranka Gajić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, r.gajic@sf.bg.ac.rs

**Ana Trpković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Rad tretira pitanje narastajućeg intenziteta upotrebe prostora u prostorno ograničenim okvirima nasleđenih gradskih jezgara i ispituje mogućnosti za njihov razvoj u savremenom kontekstu. Ovo pitanje istraženo je kroz idejno rešenje sa urbanističko-arhitektonskog konkursa za tri centralna trga u Beogradu, održanog u Beogradu 2014/2015. godine.

Predmetno područje karakteriše dug istorijski razvoj saobraćajne matrice i morfologije otvorenih gradskih prostora koji je rezultirao opštom fragmentacijom urbanog tkiva. Uz visok nivo atrakcije ove zone za heterogenu populaciju korisnika kojima je potrebno omogućiti adekvatno saobraćajno povezivanje, pojavljuje se disbalans intenziteta upotrebe i prostorno-programskog i infrastrukturnog kapaciteta zadatog okvira. Nepovezanost referentnih centralnih tačaka grada dezorjentiše korisnika i segregira programe, pa se kroz predstavljeno rešenje istražuje mogućnost uspostavljanja novih veza na svakom nivou: od fizičkih, preko kretanja do programskih i psiholoških veza. Intervencija na zadatom području ispituje mogućnost ostvarivanja kontinuiteta na svim navedenim nivoima.

Rešenje predstavlja intervencije na morfologiji i programu svakog od tri trga koje omogućavaju nove aktivnosti značajne za profilisanje programskog karaktera trga i realizaciju heterogenih a uvezanih programa. Na taj način ostvaruje se željeni kontinuitet u funkcionisanju tri trga, koji se predloženim rešenjem među sobom programski i funkcionalno nadopunjavaju, čineći jedinstvenu celinu. Na Trgu republike se morfološkom intervencijom predlaže formiranje platforme koja ostvaruje novi kontinuitet postojećeg fragmentiranog prostora trga. Na trgu Terazije ideja o kontinuitetu pešačkog saobraćaja ostvarena je formiranjem javnog prostora za zadržavanje na jednoj od topografski najpovoljnijih tačaka u gradu. Na Trgu Nikole Pašića predstavlja se najradikalniji zahvat uvođenja novog nivoa prostora ispod postojećih saobraćajnica koji ostvaruje kontinuitet pešačkog toka i zaštitu od intenzivnog motornog saobraćaja.

Predloženim konceptom arhitektonsko-urbanističkog rešenja predviđene su promene u funkcionisanju postojećeg saobraćajnog sistema. U cilju smanjivanja negativnih uticaja motornog saobraćaja i kreiranja humanijih urbanih prostora, postojeći motorni saobraćajni zahtev redukovan je na račun ostalih nemotorizovanih korisnika i JGS, prema identifikovanim ciljevima ali imajući u vidu postojeća saobraćajno-prostorna ograničenja i mogućnosti.

**Ključne reči:** *urbana morfologija, kontinuitet, centralni gradski trg, otvoreni javni prostori*

## 1. UVOD

O kontinuitetu. Centralni trgovi Beograda, osim geografskog središta, predstavljaju oslonce urbanog života: težište njegove socijalne, kulturne i psihološke dimenzije. Osim geometrije javnog prostora koja omogućava okupljanje, ova tri trga nose i informaciju (u memoriji stanovnika) o istoriji grada i njegovom trajanju, pa se upravo na tim mestima može graditi i ideja o njegovom razvoju.

Trajanje podrazumeva neprekidno menjanje (prema Bergsonu), pa su promene nastale kroz vreme u svakodnevnim životnim praksama stanovnika ostavile traga i na fizičkom okviru javnog gradskog prostora. Budući da su se mnoge ove promene dešavale neformalno, spontano i stoga delovale lokalno, došlo je do opšte fragmentacije urbanog tkiva predmetnog poteza. Koncept kontinuiteta kao model promišljanja a posledično i delovanja, pronalazi veze između heterogenih fragmenata ne ujedinjujući ih u homogenu smesu, već uspostavljajući nov sistem veza koji postojeće različitosti poštuje i upravo u odnosu na njih gradi nove pravce razvoja.

Ovako usvojen koncept odgovara uslovima arhitektonskog delovanja u savremenom kontekstu koje uvek mora početi od razumevanja postojećeg da bi se nadovezalo buduće stanje.

## 2. ISTRAŽIVANJA

*Platforma.* Osnovna ideja o intervenciji na zadatom području je upravo bazirana na ostvarivanju kontinuiteta na svim nivoima: od urbanističko-arhitektonske (fizičke) strukture, preko kretanja i programa do doživljaja jedinstvenog ambijenta. Koncept delovanja se stoga zasniva ne ideji o

ujedinjujućem elementu koji bi "razotkrio" i naglasio postojeće ambijente kao mesta iz kojih se mogu razvijati novi događaji u javnim gradskim prostorima. Ujedinjujući element se konceptualno proglašava "platformom" koja u interakciji sa postojećim tkivom nudi čitav set novih odnosa, koristeći programske šeme koje su zapisane u mentalnim mapama stanovnika i razvijajući ih ka novonastalim potrebama društvenog života grada. "Platforma" nekad u sebi nosi samo promenu morfologije zatečenog prostora, nekada se sa njom sjedinjuje, menjajući samo materijalizaciju (popločanje), a nekada je nadograđuje nudeći nove programe, pa i čitave nove arhitektonske objekte.

Transformacijama društvenog uređenja i društvenih odnosa, razvile su se prostorne projekcije tih procesa i u samom javnom prostoru. Od mesta na kojem se okupljalo homogenizovano društvo zarad promocije opštih ciljeva i vrednosti (ili opšteg otpora i protesta), gradski trg nakon tranzicije iz centralizovanog upravljačkog sistema u pokušaje demokratizacije društvenih odnosa traži programe koji ga mogu učiniti subjektivno dostupnim svakoj individui: živim i raznovrsnim.

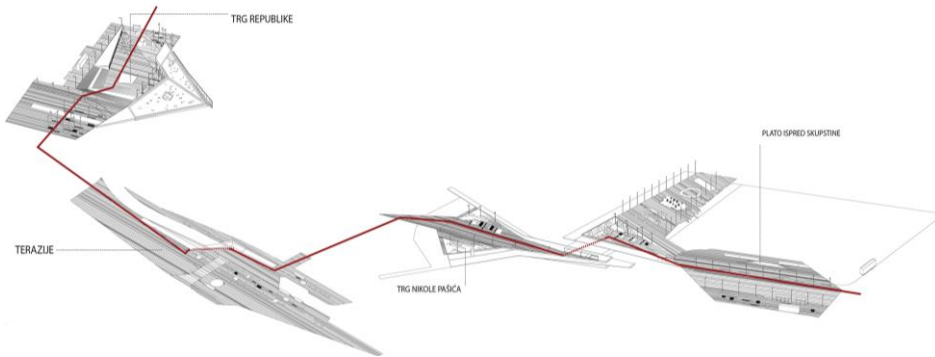
Raznovrsnost prostora i programa u ovom centralnom potezu javnih prostora, projekat teži da ostvari prepoznavanjem specifičnosti svakog trga koje fokusira, uokviruje i dalje razvija dodatnim programima, obradom i opremom. Tako konceptualna "platforma" prepoznaje morfologiju i programski karakter svakog trga ponaosob i razvija ga dalje dodavanjem novih aktivnosti koje profilišu dodatno programski karakter trga i daju prostorne mogućnosti za realizaciju planiranih programa. Na ovaj način svaki trg ponaosob dobija jedinstven karakter koji mu osigurava autonomno



funkcionisanje, ali se sva tri trga međusobno programski i funkcionalno nadopunjavaju, tako da čine jedinstvenu celinu. U okviru svakog predmetnog trga prepoznati su elementi postojećeg tkiva

koji se zadržavaju kao memorabilija trajanja i društvenih i tehnoloških transformacija (spomenici, delovi materijalizacije i zelenilo relevantne starosti).

TRI CENTRALNA TRGA U BEOGRADU OBIŠNJENJE KONCEPTA



Slika 1: Dijagram koncepta kontinuiteta

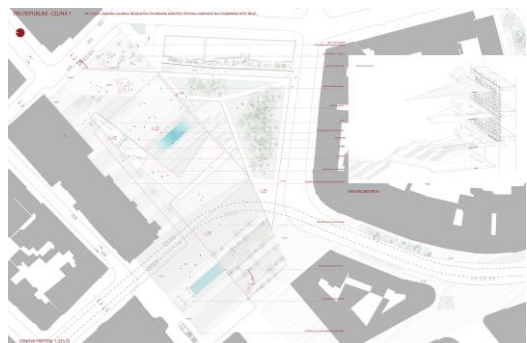
**Trg Republike.** Osnovna intervencija na ovoj celini je prepoznavanje nove morfologije trga. Ujedinjavanjem dela trga od Knez Mihajlove ulice sve do prostora ispred Doma VJ, dobija se nova orijentacija glavnog trga uz značajno povećanje dimenzije. Prirodna denivelacija terena ispraćena je i ujedinjena "platformom" koja se u prostoru trga ispred Doma VJ podiže ka "bokovima", smeštajući tako sadržaje koji aktiviraju glavni trg. U pravcu ka bioskopu Balkan, platforma se podiže i smešta program Gradske galerije, nudeći tako orijentaciju ka umetničkom životu grada kao glavni karakter trga, dok na boku ka zgradi Narodnog pozorišta smešta lagani paviljon sa kafeom. Budući da je na prostoru novog objedinjenog trga integrisan pešački i javni gradski saobraćaj, a izmešten kolski, ostvaruje se prostorno-funkcionalni kontinuitet regulisane denivelacije, pogodan za kulturne događaje grada većeg kapaciteta (Bitef, Belef...), koncerte, predstave i izložbe, jer prirodno poseduje geometriju gledališta-amfiteatra.

Platforma svojom materijalizacijom i programom ostvaruje novi kontinuitet

postojećeg fragmentiranog prostora trga, ali se u prostoru ispred Narodnog muzeja povlači da bi ostavila postojeći spomenik kao sliku transformacija koje je prostor doživeo.



Slika 2: Trg Republike, 3D prikaz



Slika 3: Trg Republike, osnova



Slika 4: Trg Terazije, 3D prikaz



Slika 5: Trg Terazije, osnova

*Trg Terazije.* Ideja o kontinuitetu pešačkog saobraćaja na ovoj lokaciji podržana je otvaranjem široke rampe iz pravca Knez Mihajlove ulice ka podzemnoj vezi sa drugom stranom ulice. Ovim se prihvata najintenzivniji pešački tok koji dolazi sa Kalemegdana i teži da se preko Bezistana nastavi ka Bulevaru Kralja Aleksandra. Umesto uskih i mračnih postojećih tuba za silaz u podzemne prolaze, otvaraju se kaskadne zelene površine i blage široke rampe koje uvode svetlo u kratak segment podzemnog prolaza i time za pešake ne predstavljaju prekid u prijatnosti ambijenta koji prati šetnju kroz najreprezentativniji deo grada.

Dalje u produžetku pešačke putanje ka Slaviji sa strane hotela Moskva rešenjem trga Terazije formira se javni prostor za zadržavanje i boravak na jednoj od topografski najpovoljnijih tačaka u gradu. Novoformirani prošireni longitudinalni trg orijentisan je ka Terazijskoj česmi i vizuri ka

Savskom amfiteatru. U materijalizaciji trga predviđeno je spajanje longitudinalnog trga kod Terazijske česme sa drugom stranom ulice u jedinstveni trg, koji se jednom mesečno ukidanjem kolskog saobraćaja pretvara u veliki plato pogodan za aktivnosti marketa ili sajma na otvorenom. Time se osnovni karakter trga okreće komercijalnim i trgovinskim delatnostima koja imaju karakter "festivalske" prezentacije i prodaje, sa naglašenom socijalnom interakcijom korisnika. Orijentacija zone za sedenje na trgu u svakodnevnom režimu saobraćaja nudi zaštitu od kolskog saobraćaja zonom zelenila, a opremom nudi prostor za odmor, zadržavanje i socijalnu interakciju.

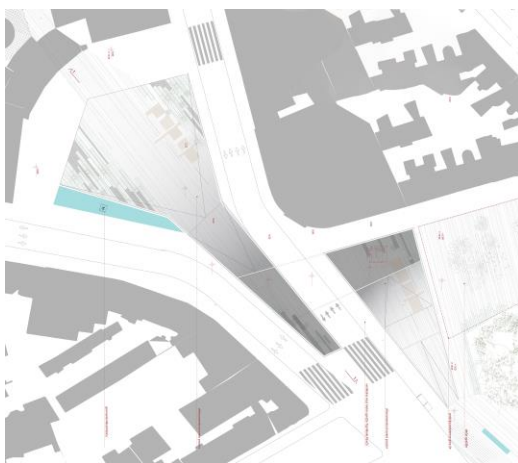
*Trg Nikole Pašića.* Rešenje ovog trga nudi ideju poniranja u odnosu na nivo saobraćajnica kao mogućnost da se ostvari kontinuitet pešačkog toka i zaštita od intenzivnog motornog saobraćaja duž trase ulica Bulevar Kralja Aleksandra i Dečanske. Osnovna ideja je omogućavanje neprekinutog pešačkog (i biciklističkog) toka iz pravca Trga Republike i Knez Mihajlove preko Terazija i prolaza Bezistan, ka Bulevaru Kralja Aleksandra. Neprekinutost ovog toka se ostvaruje morfologijom trga nalik "levku" koji skuplja i usmerava pešački tok blagim i širokim poniranjem čitavog Trga Nikole Pašića i dela trga ispred Savezne skupštine i njihovom međusobnom podzemnom vezom. Na ovaj način se istovremeno osigurava kontinuitet kretanja i zaštita od neprijatnog ambijenta saobraćajnih ukrštanja na nivou kolskog saobraćaja. Time trg dobija intimnost i zaokruženost sa jasnim usmerenjem ka ostvarivanju veza šire mreže trgova. Geometrija blagog poniranja omogućava odnose gledališta i scene i time pruža mogućnosti za dodatnu aktivaciju javnog prostora. Programski karakter gradi se između konstruisanja



praznine za javna okupljanja (konstruisanja "agore") i prostora koji je posvećen fizičkom aktiviranju tela u javnom prostoru (od skejt staza i teretane na otvorenom do igrališta za decu u delu trga ispred Savezne skupštine).



Slika 6: Trg Nikole Pašića, 3D prikaz



Slika 7: Trg Nikole Pašića, osnova

### 3. ZAKLJUČAK

*Veze i potezi.* Svi pomenuti trgovi kao formulisane celine javnog prostora, dalje se povezuju sistemom prostornih i programskih referenci koje upućuju na zajedničko funkcionisanje na višem organizacionom stepenu. Kontinuitet se dakle ostvaruje građenjem i međuprostora

koji pomenute celine uvezuju u jedinstvenu celinu. Nušićeva ulica se formuliše kao pešačka zona koja se usmerava na pešačku podzemnu vezu sa podužnim trgom na strani Terazijske česme. Ostavlja se samo izlaz iz garaže kod Čumićevog sokačeta. Prolaz Bezistan i Čavketov prolaz učestvuju u ostvarivanju prostornog kontinuiteta šire mreže trgova poprimajući i prostorne i programske fragmente "platforme". Javni prostor oko Savezne skupštine dobija karakter Gradskog vrta u delu prema objektu Glavne pošte, dok se ka Vljakovićevoj ulici (čiji deo u širini parka kod Skupštine zatvaramo za saobraćaj) formira prostor vežbališta/igrališta za stanare okolnih blokova. Deo Kosovske ulice u zaleđu Savezne skupštine formuliše se kao integrisana ulica smanjenog intenziteta saobraćaja. Kolarčeva ulica dobija novi programski karakter gastronomskog poteza koji je omogućen delovima platforme sa zelenilom koji izdvajaju prostor ulice od saobraćajnice.

*Saobraćajno rešenje.* Predloženim konceptom arhitektonsko-urbanističkog rešenja predviđene su promene u funkcionisanju postojećeg saobraćajnog sistema. U skladu sa aktuelnim svetskim trendovima, smanjivanja negativnih uticaja motornog saobraćaja i kreiranja humanijih urbanih prostora, autori su smatrali da bi i u okviru ovog prostora trebalo ponuditi takvo rešenje kojim bi se postojeći motorni saobraćajni zahtev redukovao na račun ostalih nemotorizovanih korisnika i JGS, a prema zahtevima konkursa i saobraćajno-prostornim ograničenjima i mogućnostima.

Zapravo, u okviru koncepta stvara se/vraća se jednakost prava korisnika u korišćenju uličnog prostora. Ovim pristupom se teži smanjivanju uticaja motornog saobraćaja u odnosu na nemotorizovane korisnike, prevashodno pešake.

Govoreći o našoj zemlji, zajednički prostor kao koncept saobraćajnog uređenja urbanog prostora nije do sada primenjivan. U skladu sa aktuelnim svetskim trendovima uređenja urbanih prostora u okviru konkursnog rešenja predložena je primena ovog koncepta čija je osnovna ideja kreiranje uključujućeg, živahnog i komunikativnog okruženja, i postizanje povećanja funkcionalnosti i balansiranje odnosa medju korisnicima ovog prostora.

Generalno predloženim rešenjem postignuto je da se zadržavaju svi podsistemi javnog gradskog prevoza koji su na ovom delu mreže, ali da je omogućena realizacija koridora metroa u okviru predmetne zone. Predviđena je izgradnja dve javne parking garaže kojima se omogućava realizovanje „Park and Walk“ sistema sa prilazima i izlazima u skladu sa postojećim mogućnostima mreže, dok je na lokacijama gde je to zahtevano, zadržan kontinuitet u elementima poprečnog profila sa okolnom saobraćajnom mrežom. Nemotorizovana kretanja (pešački i biciklistički saobraćaj) su integrisani sa podsistemom javnog gradskog prevoza na lokaciji Trga republike i u skladu sa svetskom praksom predlaže se i njihovo parterno izjednačavanje („Shared Space“), dok je na Terazijama i Trgu Nikole Pašića

izvršena segregacija ovih saobraćajnih modova. Predložena je izgradnja podzemnih veza motornog saobraćaja (tunela), kojim bi se rasteretila postojeća niskokapacitativna mreža u okviru predmetne zone i omogućilo efikasnije saobraćajno povezivanje. Izgradnja ovih objekata planirana je kao naredna faza realizacije projekta, kojoj bi prethodile režimske i infrastrukturne intervencije u okviru postojeće mreže. Konačno i planiranje intervencija kroz faze omogućava da se razvoj grada sagleda strateški i da se izvođenjem pojedinačnih faza ne zatvara mogućnost transformacije predloženih mera u skladu sa novonastalim okolnostima konteksta grada u kontinualnom razvoju.

#### LITERATURA

- [1] Rajchman, John. 2000. *The Deleuze Connections*. Cambridge and London: The MIT Press.
- [2] Dženks, Čarls. 2007. *Nova paradigma u arhitekturi: jezik postmodernizma*. Prevela Marijana Milosavljević. Beograd: Orion art
- [3] Somol, Robert and Sarah Whiting. 2002. "Notes around the Doppler Effect and Other Moods of Modernism." *Perspecta* 33: 72-77.

#### SUMMARY

### CONTINUITY IN THE OPEN PUBLIC CITY SPACE: AN EXAMPLE OF THE URBAN AND ARCHITECTURAL COMPETITION FOR THE THREE CENTRAL SQUARES IN BELGRADE

**Abstract:** *The intensity of usage of inherited old city center space is growing, due to an increase in the population and activities in the open public space. Limitation of the physical boundaries of these spaces, on the other hand, are strict. The question of the current architectural practice is how to find possibilities for the development of these spaces in the contemporary context. This question is examined on the case study of urbanistic and architectural competition for the Three Central Squares in Belgrade, held in Belgrade in 2014/2015.*

*Long historical development of the subject area determined road matrix and the morphology of open urban spaces and caused general fragmentation of urban tissue. This area is attractive for the heterogeneous population of users who need adequate traffic connections, so there is a disbalance of the intensity of use and the spatial and programmatic infrastructure capacity of the given framework. The user is disorientated due to the unbalanced distribution of programmes and referential points. The competition proposal explores the possibility for making new connections at all levels: from physical paths and flows to programmatic and psychological connections. The proposed intervention examines the possibility of establishing the continuity at all named levels.*

*The competition project proposed interventions on morphology and programme of each of three squares that allow new activities to take place. These activities connect separate space fragments, making continuity in usage and perception of the whole central area of the city. Different activities take place on different squares but being compatible they form a continuity of a bigger scale, making a whole on a higher level of organization of the life in the city.*

*At The Republic Square element that unites existing separate fragments of space is proposed by making continual morphology without the traffic interruptions. Natural denivelation of the space is addressed with continual two-level „platform“ that flows from the National Museum toward the House of Yugoslav Army. The Terazije square, literal continuity is provided by the pedestrian underground Passarella. As a continuation of the pasarela, the street is expanded, making a sort of a linear plateau with urban mobilier that provides space for gathering and rest. At The Nikola Pasic Square, even more, radical intervention is proposed: the whole new square at the lower level, below the street which is busy and noisy.*

*The proposed concept of the architectural and urban solution envisages changes in the functioning of the existing transportation system. In order to reduce the negative impacts of motor traffic and the creation of more humane urban spaces, the existing motor traffic requirement was reduced at the expense of other non-motorized users and JGS, according to the identified goals, but given the existing traffic and space constraints and opportunities.*

**Key words:** *urban morphology, continuity, central city square, open public spaces*

# METODOLOGIJA PROVERE ISPUNJENOSTI STANDARDA I KRITERIJUMA PRISTUPAČNOSTI U SAOBRAĆAJU U FUNKCIJI ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI

mr Miodrag Počuć, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, miodrag.pocuc@adomne.rs

Goran Kalamanda, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, goran.kalamanda@adomne.rs

Igor Vukobratović, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, igor.vukobratovic@adomne.rs

Milana Antelj, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, milana.antelj@adomne.rs

Jovana Ivančević, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, jovana.ivancevic@adomne.rs

**Rezime:** U današnjim uslovima odvijanja saobraćaja u gradovima neadekvatno planirani, projektovani ili postavljeni elementi gradskih komunikacija kao što su pešačke staze, taktilne staze, raskrsnice, svetlosna i zvučna signalizacija, stajališta javnog prevoza, parkirališta, parking garaže i slično, mogu predstavljati nepremostivu prepreku za veliki broj potencijalnih učesnika u saobraćaju i na taj način uticati na njihovu uključenost, mobilnost i bezbednost. U cilju unapređenja stanja, ovaj rad definiše metodologiju za proveru ispunjenosti standarda i kriterijuma pristupačnosti na već izgrađenoj saobraćajnoj infrastrukturi, i u skladu s tim identifikovanje svih problema na navedenim elementima gradskih komunikacija, na osnovu kojih je moguće dati jasne predloge mera za povećanje njihove pristupačnosti.

**Ključne reči:** pristupačnost, planiranje, projektovanje, provera bezbednosti saobraćaja, dizajn za sve

## 1. UVOD

Mobilnost svih građana, a naročito specifičnih grupa učesnika u saobraćaju kao što su osobe sa invaliditetom, stari, mala deca, trudnice i slično, zavisi od uslova koji postoje u našem izgrađenom okruženju. Pod takvim uslovima podrazumevamo: postojanje pristupačne saobraćajne infrastrukture (specifični ulični element za nesmetano kretanje i mogućnost korišćenja sredstava javnog prevoza), pristupačno stanovanje (objekti) ali i postojanje različitih servisa, usluga i proizvoda koji su dostupni svim korisnicima, na jednakoj osnovi.

Zbog aktuelnog stanja potpune ili delimične neprilagođenosti čovekovog okruženja u većini gradova Srbije, veliki broj ljudi, a naročito osobe sa invaliditetom

i/ili stari, žive pod stalnom segregacijom, sputane su, i sa ograničenim su mogućnostima da iskažu svoje potencijale kao aktivni članovi društva. Takva vrsta isključenosti iz saobraćaja (nevidljivost), dovodi do pogrešnog razumevanja uzroka problema od strane donosilaca odluka i stručnjaka, koji osobe sa invaliditetom i/ili stare klasifikuju kao „nesposobne“, odnosno one kojima je potrebna zaštita i briga od strane drugih ljudi. Međutim, rešavanje tog problema zahteva socijalnu akciju, u smislu da čovekovo okruženje modifikuje na način koji će svim ljudima omogućiti punu participaciju u svim segmentima života.

Povećanje mobilnosti građana, dakle, nije samo uspostavljanje odnosa u prostoru i vremenu, već je to važan preduslov da bi se ostvario društveni

kontakt i samostalnost ljudi. U tom smislu, inkluzija (uključenost) svih građana zavisi upravo od adekvatnog planiranja okruženja i usluga, u cilju povećanja njihove mobilnosti i samostalnosti, bez obzira na različite fizičke, psihičke i/ili intelektualne karakteristike pojedinca.



Slika 1: Stepen isključenosti pojedinih grupa korisnika [1]

## 2. PROVERA STANDARDA PRISTUPAČNOSTI

Pristupačnosti se do sada nije poklanjala dovoljna pažnja u stručnoj javnosti naše zemlje. U malobrojnoj literaturi se često pojam pristupačnosti definisao suviše usko (uglavnom sa fokusom isključivo na osobe sa invaliditetom) što je često dovelo do nerazumevanja, pogrešnog tumačenja, ali grubih grešaka u konkretnim rešenjima.

Imajući u vidu neadekvatno postojeće stanje i nepristupačnost saobraćajne infrastrukture u većini gradova u Srbiji, osnovni cilj rada je da ukaže na potrebu i metod provere pristupačnosti već izgrađenih elemenata saobraćajne infrastrukture. Proverom svih specifičnih elemenata saobraćajne infrastrukture, utvrdilo bi se da li oni ispunjavaju sve uslove korišćenja sa aspekta pristupačnosti ili ne, odnosno ustanovio bi se stepen/nivo njihove pristupačnosti. Na osnovu rezultata

provere, odredile bi se potrebne mere i obim njihove rekonstrukcije.

Pošto pristupačnost podrazumeva kvalitet celokupnog prostora, prirodnog i izgrađenog, logično je da se ona ne može obezbediti parcijalno, već da podrazumeva opšte preuređenje i prilagođavanje javnog prostora. Zato je važno da se naglasi da je metod koji se prikazuje u okviru ovog rada u stvari deo jednog šireg postupka koji se odnosi na kvalitet pristupačnosti celokupnog stvorenog okruženja.

Obaveza stvaranja pristupačnog okruženja, u Republici Srbiji, definisana je pre svega Zakonom o planiranju i izgradnji, odnosno podzakonskim aktom - Pravilnikom o tehničkim standardima planiranja, projektovanja i izgradnje objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama, (Sl. glasnik RS, br. 22/2015). Navedeni Pravilnik se eksplicitno odnosi na pristupačnost i on u delimičnoj meri definiše standarde, obavezne tehničke mere i uslove za planiranje, projektovanje i izgradnju objekata, kojima se osigurava nesmetano kretanje i pristup osobama sa invaliditetom, deci i starim osobama. Drugi Zakoni i pravilnici takođe u manjoj meri navode potrebu i značaj stvaranja pristupačnog okruženja.

Da bi se izgradila nova saobraćajna infrastruktura koja je pristupačna, neophodno je pri projektivanju i građenju poštovati sve važeće propise i standarde koji taj kvalitet utvrđuju. Sa druge strane, već izgrađene elemente saobraćajne infrastrukture, koji nisu pristupačni potrebno je rekonstruisati, u celosti ili fazno, a u skladu sa mogućnostima.

Unapređenje pristupačnosti na već izgrađenim saobraćajnicama može predstavljati problem, iz razloga što se ista



često ne može postići bez značajnijih intervencija.

Međutim, znajući da se svako okruženje koje je izgrađeno sa svešću o pristupačnosti mnogo kvalitetnije, jednostavnije, komfornije i bezbednije koristi od strane svih učesnika u saobraćaju, potrebno je uložiti dodatne napore i sprovesti neophodne mere rekonstrukcije na već nepristupačno izgrađenim saobraćajnicama.

### 3. KRITERIJUMI PRISTUPAČNOSTI SAOBRAĆAJNE INFRASTRUKTURE

Provera pristupačnosti saobraćajne infrastrukture podrazumeva jasno osmišljeno terensko istraživanje, u smislu prikupljanja podataka i sistematičnog pregleda postojećeg izgrađenog objekta ili javne površine, s osnovnim ciljem identifikovanja i uklanjanja svih grešaka ili nedostataka koji mogu narušiti slobodno kretanje bilo kojeg potencijalnog korisnika tog okruženja.

Slobodno kretanje u tom kontekstu označava pravo svake osobe da se kreće, bez da se suoči sa barijerama ili ograničenjima u izgrađenom okruženju. Sa druge strane, pristupačna saobraćajna infrastruktura može se definisati kao mogućnost svakog potencijalnog korisnika saobraćajnog sistema, bez obzira na njihove karakteristike (pol, godine starosti, fizičke, senzorne, mentalne sposobnosti, znanje ili bilo koji drugi lični ili društveno-ekonomski status) da na lak, jednostavan i bezbedan način pristupi, razume i koristi bilo koji deo saobraćajnog sistema, odnosno saobraćajnu infrastrukturu, sredstva prevoza, proizvode, usluge i/ili informacije u saobraćaju.

Tako definisana provera pristupačnosti zahteva analizu nekoliko ključnih međuzavisnih faktora, što potvrđuje neophodnost sistemskog pristupanja

kvalitetu pristupačnosti saobraćajne infrastrukture.

Provera pristupačnosti može se sprovesti na osnovu metodologije koja obuhvata analizu sledećih kriterijuma ili faktora: dostupnost, funkcionalnost, opremljenost i bezbednost.

Svaki od navedenih međuzavisnih faktora obuhvata veliki broj pojedinačnih elemenata, koji mogu biti specifični u zavisnosti od namene određene površine ili od njenog značaja i vrednosti.

**Dostupnost** - predstavlja mogućnost stizanja do određenog dela javne površine ili do određenog objekta (na primer radno mesto, škola...).

Dostupnost podrazumeva postojanje pristupačnih parkinga i parkirališta, pristupnih površina, kao i kvalitet svih vrsta kretanja po javnim površinama do i od objekata pod različitim uslovima i bez segregacije korisnika. Zavisi od stanja i karakteristika zastupljenih elemenata kao što su staze, platoi, prolazi, taktilne površine, rampe, stepeništa, ograde, rukohvati, nadstrešnice, osvetljenje i slično. Značajne su i karakteristike svih tih elemenata (na primer vrsta materijala), ali i organizacije njihovog održavanja (čišćenje, održavanje površina, provera ispravnosti instalacija i sl.).

**Funkcionalnost** - podrazumeva upotrebljivost javne površine od strane svih potencijalnih korisnika.

Imajući u vidu postojanje različitih vrsta saobraćajnih površina potrebno je prvenstveno proveriti mogućnost horizontalog i vertikalnog kretanja u prostoru, komfor pri obavljanju tih aktivnosti ali i mogućnost korišćenja pratećih sadržaja (na primer ulični mobilijar).

**Opremljenost** - podrazumeva postojanje potrebnih instalacija, uređaja, opreme i signalizacije, tamo gde je to

neophodno kako bi se ostvarila osnovna funkcija kretanja u prostoru.

Za ovaj kriterijum je neophodno proveriti postojanje i kvalitet horizontalne i vertikalne signalizacije, elemenata za prostorno i vizuelno vođenje, pisanih, slikovnih (simboli), audio i taktilnih zapisa informacija i putokaza, informacionih tabli, prirodnog i veštačkog osvetljenja i slično.

**Bezbednost** - podrazumeva korišćenje javnih saobraćajnih površina, instalacija i opreme bez opasnosti po korisnika. Javne površine, instalacije, oprema i upotrebnih predmeti treba da su dizajnirani tako da tolerišu eventualnu grešku korisnika. Da bi se zadovoljio kriterijum bezbednosti neophodno je da su i svi prethodno navedeni uslovi ostvareni.

Proveru ispunjenosti navedenih kriterijuma pristupačnosti trebalo bi izvršiti za elemente okruženja kao što su: pešački tokovi, pešački prelazi i raskrsnice, saobraćajna signalizacija, javni prevoz i stacionarni saobraćaj.

Kako bi se analizirala pristupačnost navedenih elemenata potrebno je proveriti veoma veliki broj pojedinačnih detalja. U tom cilju, neka od pitanja na koje je potrebno odgovoriti, su:

- Da li su adekvatno dimenzionisani slobodni pešački profili, duž pešačke staze?
- Kakav je prostorni razmeštaj, odnosno da li su pešačke staze logično umrežene sa drugim saobraćajnim površinama kao što su biciklističke staze, stajališta javnog prevoza, parkirališta i slično?
- Da li na predmetnom pešačkom toku postoje denivelacije, odnosno kakva je mogućnost horizontalnog i vertikalnog kretanja korisnika, bez nailaženja na različite prepreke?
- Da li postoje odgovarajući poprečni i podužni nagibi koji se mogu savladati

bez napora?

- Da li na pešačkom toku postoje fiksne/trajne prepreke koje ometaju kretanje korisnika?
- Da li postoji nepropisno zauzeće pešačkog toka (tezge, rashladne vitrine, žardinjere, vozila) i zašto?
- Da li postoji odgovarajući razmeštaj urbanog mobilijara na pešačkom toku?
- Da li postoje odgovarajući pasivni sistemi bezbednosti (ivičnjaci, ograde, rukohvati ili taktilna polja bezbednosti), tamo gde su oni neophodni?
- Kakav je kvalitet zastora pešačke staze?
- Da li su odlivni kanali i rešetke postavljeni na način da ne ometaju kretanje korisnika?
- Kakva je osvetljenost postojeće pešačke staze/ raskrsnice/ stajališta/ parkirališta?
- Da li se staza održava na odgovarajući način tokom cele godine?
- Da li postoji denivelacija pešačke staze i razdelnog ostrva na mestu pešačkog prelaza?
- Da li je na adekvatan način izvedena nivelacija pešačke staze sa nivoom kolovoza, na mestu pešačkog prelaza?
- Da li je u zoni raskrsnica izvršena nivelacija ukrštanja pešačkih i biciklističkih tokova?
- Da li je na adekvatan način izvedena nivelacija pešačke staze sa nivoom platforme na stajalištima javnog prevoza?
- Da li su pešački tokovi regulisani odgovarajućim taktilnim oznakama za slepe učesnike u saobraćaju?
- Ukoliko postoji taktilno vođenje, da li je primenjeno unificirano, jasno i nedvosmisleno rešenje taktilnog vođenja?



- Da li su svetlosno semaforizovane raskrsnice opremljene unificiranom i univerzalnom zvučnom informacijom?
- Da li su platforme stajališta javnog prevoza usklađene sa niskopodnim vozilima javnog prevoza?
- Da li su stajališta adekvatno osvetljena i da li raspolažu sa odgovarajućim informacijama u smislu veličine, položaja i formata?
- Da li su sredstva javnog prevoza pristupačna za sve potencijalne korisnike, u kojoj meri u kojem broju?
- Da li su horizontalna i vertikalna signalizacija odgovarajuće i da li su izvedene u skladu sa pravilnikom?
- Da li su pristupačna parking mesta jasno obeležena i dimenzionisana na odgovarajući način?
- Kakav je zastor pristupačnih parking mesta i da li postoji odgovarajuća pešačka veza između parking mesta i pešačkog toka?
- Da li je omogućen pristup šalterima ili automatima za prodaju karata?
- Da li su sami uređaji za prodaju karata osmišljeni kao pristupačni, u smislu da imaju pristupačnu navigaciju i mogućnost izbora primarne komunikacije, jezika i pisma?

	Da	Ne
1. Mesta za parkiranje vozila koja koriste osobe sa invaliditetom predviđena su u blizini ulaza u objekat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mesta za parkiranje vozila koja koriste osobe sa invaliditetom označeno je znakom pristupačnosti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Najmanja ukupna površina mesta za parkiranje vozila koja koriste osobe sa invaliditetom iznosi 370 cm x 480 cm?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Mesto za parkiranje za dva automobila koje se nalazi u nizu parkirališnih mesta upravno na trotoar veličine je 590 x 500 cm s međuprostorom širine 150 cm?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ukoliko parkiralište nije izvedeno u istom nivou sa obližnjom pešačkom stazom tada je izlaz sa parkirališta obezbeđen spuštenom pešačkom stazom, maksimalnog nagiba od 8,3 % i minimalne širine najmanje 140 cm koliko iznosi slobodan prostor za manevrisanje?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Pristupačno parking mesto je projektovano u horizontalnom položaju bez uzdužnog nagiba?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Odlivni poprečni nagib parking mesta je maksimalno 2%?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Pristupačno parking mesto ima direktnu pešačku vezu između projektovanog slobodnog prostora za manevar i najbliže pešačke staze, bez ulaza na kolovoz, a u skladu sa preporukama datim za pešačke staze?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Zastor parking mesta odgovara zastoru za pešačke staze?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Obezbeđen je pristupačan pešački pristup automatima ili mestu za prodaju parking karata, a u skladu sa preporukama za šaltere i uređaje u objektima?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Za javne garaže, javna parkirališta, kao i parkirališta uz objekte za javno korišćenje i veće stambene zgrade, predviđeno je najmanje 5% mesta od ukupnog broja mesta za parkiranje, a najmanje jedno mesto za parkiranje OSI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Slika 2: Primer liste za proveru pristupačnosti

Imajući u vidu da je tokom provere pristupačnosti saobraćajne infrastrukture potrebno odgovoriti na veliki broj pitanja, poželjno je kao pomoćno sredstvo koristiti odgovarajuće liste za proveru, kako bi se izbegla mogućnost da se izostave neki bitni podaci.

#### 4. ZAKLJUČAK

Društvo je dužno da obezbedi preduslove za ravnopravno i samostalno učešće svih potencijalnih korisnika javnog okruženja. Kako se pristupačnost saobraćajne infrastrukture sve više nameće kao obavezan segment, postoji i potreba za njenom procenom, koja se u tom slučaju može sprovesti prema ovom, grubo opisanom modelu.

Osnovna svrha provere pristupačnosti saobraćajne infrastrukture jeste opšte unapređenje pristupačnosti izgrađenog okruženja za potrebe svih potencijalnih učesnika u saobraćaju.

Korist od takve provere ogleda se u identifikovanju svih eventualnih prepreka koje postoje u našem okruženju, njihovoj sistematizaciji i kvantifikaciji. Na osnovu toga, moguće je napraviti odgovarajući plan unapređenja postojećeg stanja (kroz redovno održavanje, adaptaciju ili potpunu rekonstrukciju) i dinamika radova, a u skladu sa raspoloživim sredstvima i uz poštovanje prioriteta u okviru izgrađene sredine.

Mere koje se na taj način predlože mogu biti klasifikovane kao kratkoročne (jeftine), srednjeročne ili dugoročne (skupe). Takođe, definisane mere mogu olakšati planiranje budžeta lokalnim zajednicama u čijoj je nadležnosti unapređenje pristupačnosti javnih prostora.

Koristi od navedene provere i realizovanih mera, mogu biti:

- Sprečavanje stvaranja novih barijera prilikom redovnih održavanja, adaptacija ili rekonstrukcija;
- Opšte povećanje funkcionalnosti, jednostavnosti i komfora prilikom korišćenja saobraćajnih površina;
- Opšte povećanje bezbednosti svih učesnika u saobraćaju;
- Smanjenje broja pritužbi na nepristupačnost od strane organizacija i pojedinaca;
- Veći broj krajnjih korisnika.

Kako bi predložene mere imale smisla, neophodno je sprečiti stvaranje novih barijera kontinuiranom kontrolom ispunjenosti standarda pristupačnosti za sve nove objekte koji se planiraju, i to u fazi izrade projekta. U tom smislu standardi pristupačnosti treba da budu jedan od

osnovnih kriterijuma za dobijanje odgovarajuće dozvole. Samo na taj način, rekonstrukcija okruženja može se pretvoriti u permanentni proces.

#### LITERATURA

- [1] Inovating with people – The Business of inclusive design, Norwegian design Council, 2010;
- [2] Vukajlov, Lj., Počuč, M. - „Kriterijumi pristupačnosti objekata“, Zbornik radova šestog naučno-stručnog savetovanja „Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja“, u organizaciji Saveza građevinskih inženjera Srbije, Saobraćajnog instituta CIP Beograd i Instituta „Kirilo Savić“ Beograd, Divčibare, 2009. godine.

#### SUMMARY

### **METHODOLOGY FOR CHECKING IF THE ACCESSIBILITY STANDARDS AND CRITERIA ARE MET IN TRAFFIC, WITH THE AIM OF ACHIEVING SUSTAINABLE URBAN MOBILITY**

**Abstract:** *Taking into consideration traffic conditions in cities today, inadequately planned, designed or placed elements of city communications such as footpaths, tactile paving, intersections, traffic light and sound signage, public transportation stops, parking lots, parking garages and similar can represent an insurmountable obstacle for a large number of potential traffic participants, thus making an impact on their involvement, mobility and safety. With the aim of improving the condition, this study defines a methodology for checking that the standards and accessibility criteria on the existing traffic infrastructure are met, and accordingly, identifies all the issues on the aforementioned elements of city communications, based on which it is possible to give clear suggestions about the measures for increasing their accessibility.*

**Key words:** *accessibility, planning, designing, road safety inspection, design for all*

# PREDLOG TEHNIČKIH MERA ZA RAZVOJ BIKIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA U BEOGRADU

**Slađana Marković**, dis, Saobraćajni institut CIP, Beograd, [sladjana.markovic@sicip.co.rs](mailto:sladjana.markovic@sicip.co.rs)

**Maja Dimitrijević**, dis, Saobraćajni institut CIP, Beograd, [maja.dimitrijevic@sicip.co.rs](mailto:maja.dimitrijevic@sicip.co.rs)

**Nevena Stević**, dis, Saobraćajni institut CIP, Beograd, [stevicn@sicip.co.rs](mailto:stevicn@sicip.co.rs)

**Ognjen Petar Todorović**, dis, Sekretarijat za saobraćaj, Beograd, [ognjen.todorovic@beograd.gov.rs](mailto:ognjen.todorovic@beograd.gov.rs)

**Rezime:** *Biciklistički saobraćaj, sa dugom tradicijom u Beogradu, danas se vraća kao održivi vid transporta. Na osnovu iskustva evropskih gradova u vođenju biciklističkog saobraćaja dat je predlog mera za unapređenje biciklističkog saobraćaja. Bolja tehnička rešenja i izgradnja optimalnih biciklističkih staza, traka i koridora, učiniće biciklistički saobraćaj atraktivnijim.*

**Gljučne reči:** *biciklistički saobraćaj, iskustva, tehničke mere, konfliktna mesta*

## 1. UVOD

U evropskim zemljama biciklistički saobraćaj ima značajnu ulogu i predstavlja jedan od osnovnih vidova prevoza u cilju zadovoljavanja mobilnosti i jednu od polaznih tačaka strategija održivog razvoja saobraćaja. Više od 30% svih putovanja u Evropi koja pokrivaju rastojanje manje od 3 kilometra i čak 50% za rastojanja manja od 5 kilometara obavljaju se korišćenjem bicikla.

Biciklistički saobraćaj, sa dugom tradicijom u Beogradu, danas se vraća kao održivi vid transporta, koji pored energetske efikasnosti i isplativosti sa sobom nosi i značajne zdravstvene efekte za korisnike ovog vida transporta, kao i neposrednog okruženja. Kako je u poslednje vreme razvoj biciklističkog saobraćaja u usponu tako se javlja i potreba za adekvatnom i bezbednom infrastrukturom u urbanim sredinama.

Cilj ovog rada je sagledavanje položaja biciklističkog saobraćaja u saobraćajnom sistemu grada Beograda u odnosu na evropske gradove, sa predlogom tehničkih mera za njegovo unapređenje. Na osnovu

iskustava odabranih evropskih zemalja date su smernice za budući razvoj biciklističkog saobraćaja. Takođe je dat osvrt i na probleme koji su se javili tokom izrade projektne dokumentacije za saobraćajnice užeg gradskog područja grada Beograda, naglašavajući mesta konflikta sa slepim i slabovidim licima kao i sa pešacima.

## 2. RAZVIJENOST I STANJE BIKIKLISTIČKE INFRASTRUKTURE NA TERITORIJI GRADA BEOGRADA

Ono što je karakteristično za šire centralno jezgro grada Beograda jeste svakako visok intenzitet motornog saobraćaja (sa značajnim učešćem vozila javnog prevoza), izražen stacionarni saobraćaj i vrlo mala prilagođenost saobraćajne mreže potrebama biciklističkog saobraćaja. U takvom okruženju i uslovima biciklisti se "snalaze" tako što najčešće koriste manje prometne ulice u svojim putovanjima, ili koriste trotoare kao voznu površinu za kretanja bicikla.

Prema GUP-u do sada je izgrađeno i uređeno oko 90km biciklističkih

staza/traka<sup>1</sup>, a planirano je da se izgradi još oko 230km.

Izgrađene i uređene biciklističke staze nalaze se uglavnom na Novom Beogradu i uz obale reka Save i Dunava. U skorije vreme izgrađene su biciklističke trake/staze u Bulevaru oslobođenja od Autokomande do Save Maškovića, na Trgu Slavija, Bulevaru oslobođenja od Slavije do Veterinarskog fakulteta, Ruzveltovoj ulici. Takođe su definisane i biciklističke rute Euro velo 6, Avalska i Savska ruta sa pratećim elementima.

Posmatrano sa aspekta prilagođenosti ulica biciklističkom saobraćaju na saobraćajnoj mreži Beograda, u široj centralnoj zoni grada većina ulica ne pogoduje potrebama biciklističkog saobraćaja. Ne postoji izgrađena biciklistička infrastruktura, te se biciklisti kreću kolovozom postojećih saobraćajnica. Kako je na Novom Beogradu u okviru raspoloživog prostora bilo jednostavno planirati biciklističku infrastrukturu, biciklističke staze su izgrađene uz većinu novoprojektovanih saobraćajnica.

Može se reći da učesnici u saobraćaju ne shvataju "ozbiljno" biciklistički saobraćaj i bicikliste, kao ravnopravne učesnike u saobraćaju. Usled manjeg broja biciklista u saobraćaju, vozači motornih vozila prosto ne očekuju bicikliste, te ni ne obraćaju pažnju na njih.

Što se tiče saobraćajne signalizacije većina je adekvatno postavljena i u dobrom je stanju. Ono što se može primetiti jeste nedostatak znakova za

upozorenje učesnika u saobraćaju o biciklistima na putu, a imajući u vidu pojačano kretanje biciklista na određenim rutama, naročito u letnjim mesecima.

Saobraćajni propisi za teritoriju Republike Srbije nisu u potpunosti obuhvatili biciklističku infrastrukturu i njihove elemente. Zbog nedostatka potrebnih podataka za projektovanje biciklističke infrastrukture, pri projektovanju se najčešće koriste iskustva drugih zemalja, pre svega evropskih, usled čega dolazi do različitosti u odabiru projektnih elemenata.

U narednim projektima najbolje je od samog početka pristupiti potrebi i mogućnosti uvođenja biciklističkih traka/staza kako bi se na najbolji način uklopili u celokupan koncept vođenja saobraćaja uz neophodnost postojanja zakonske regulative.

Na nekim novoizgrađenim saobraćajnicama na teritoriji grada Beograda zahtevi za uvođenje biciklističkih staza su se javili nakon završetka projektne dokumentacije. Novoprojektovane biciklističke staze su uklopljene u projektovano rešenje, pa se može reći da su na pojedinim mestima dobijena iznuđena rešenja. Vrlo često se projektovane biciklističke staze/trake označavaju samo belim bojom koje se brzo troši. Za definisanje biciklističkih staza potrebno je koristiti gradjevinske elemente (kocka širine 0,10m), a za horizontalno obeležavanje kvalitetnije i dugotrajnije materijale.

### 3. EVROPSKA ISKUSTVA U PROJEKTOVANJU BIKLISTIČKIH KORIDORA

Danas u evropskim državama biciklisti predstavljaju ravnopravne učesnike u saobraćaju, čija se populacija iz godine u godinu povećava. Postojanje podzemnog

<sup>1</sup> **Biciklistička staza** je deo saobraćajne površine koji nije u istom nivou sa kolovozom ili je od njega odvojen na neki drugi način, a namenjena je saobraćaju bicikala i bicikala sa motorom. **Biciklistička traka** je uzdužni deo kolovoza koji je obeležen razdelnom linijom i namenjen je saobraćaju bicikala i bicikala sa pomoćnim motorom. - Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, Beograd 2012.; [1]

šinskog saobraćaja je rasteretio gradsku uličnu mrežu kako za javni gradski saobraćaj na površini (tramvaje, autobuse) tako i za biciklistički saobraćaj. Kako se dosta koristi podzemni metro, samim tim je i manje učešće putničkih automobila u javnom saobraćaju što daje mogućnost razvoju i bezbednijem vođenju biciklističkih tokova na kolovozu.

### **Holandija [3]**

Amsterdam je grad u kome je biciklistički saobraćaj razvijen i u najvećoj meri odvojen od ostalog saobraćaja. Biciklističke trake su jasno označene (obojene) sa posebnim saobraćajnim znakovima, dovoljne širine kako bi se omogućilo dvosmerno kretanje i preticanje bicikala, čime se postiže odgovarajući nivo sigurnosti.

Širina biciklističkih traka zavisi pre svega od ograničenja brzine. Na saobraćajnicama na kojima je ograničenje brzine 30km/h minimalna širina jednosmerne biciklističke trake iznosi 1,5m, dok je na putevima sa ograničenjem brzine 50km/h, većim obimom saobraćaja i sa usponima širina jednosmerne trake iznosi preko 2,0m. Biciklističke trake se najčešće projektuju na putevima na kojima ograničenje brzine manje od 60km/h i na sekundarnim putevima. Širina dvosmernih biciklističkih traka je od 2,4m do 3,6m.



*Slika 1: Primer biciklističkih staza i prelaza na raskrsnici*

Biciklističke trake se u raskrsnicama uglavnom projektuju sa leve i desne strane, fizički odvojeno od ostalog saobraćaja. U cilju jasnijeg i jednostavnijeg razlikovanja biciklističke staze su obojene crvenom bojom. Na raskrsnicama sa kružnim tokom saobraćaja biciklisti se nalaze sa spoljne strane kruga i imaju prednost u odnosu na ostale učesnike u saobraćaju.

### **Danska - Kopenhagen [4]**

Biciklističke trake u Kopenhagenu su jasno definisane i ivičnjacima izdvojene od ostalih površina, kako bi biciklisti u potpunosti bili izvojeni od ostalog saobraćaja. Preporučena širina jednosmerne biciklističke trake je 2,5m, a minimalna širina iznosi 2,2 m. U slučajevima kada na lokaciji nema dovoljno prostora, a na kojima obim biciklističkog saobraćaja nije veliki, može se projektovati širina jednosmerne trake od 1,7 m. Trake za prolaz biciklista kroz raskrsnicu se radi jednostavnijeg razlikovanja od ostale horizontalne signalizacije boje plavom bojom.

LED osvetljenje biciklističkih staza omogućava biciklistima u večernjim satima da jasno vide spoljnu ivicu staze. Istraživanja su pokazala da ovo svetlo pozitivno utiče na bicikliste u pogledu brzine kretanja.



*Slika 2: LED osvetljenje biciklističke staze*



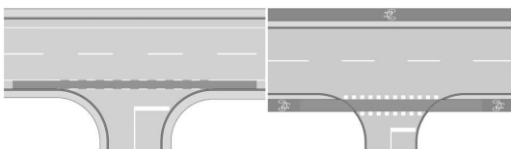
## Republika Hrvatska [2]

Što se tiče potrebnih širina za kretanje biciklista kao i zaštitnih razmaka, vrednosti su skoro iste kao u našoj zemlji. Projektovanje biciklističkih staza i regulisanje saobraćajnom signalizacijom je definisano u Pravilniku o biciklističkoj infrastrukturi (Narodne novine, Službeni list RH, br. 28/216).

U naseljenim mestima najmanja širina zaštitnog pojasa (popločana traka, zeleni pojas...) između biciklističke staze i kolovoza mora biti 0,5 m - 1,0 m. Izvan naseljenog područja širina zaštitnog pojasa (zeleni površina ili čelična zaštitna ograda) treba da bude 1,5 m.

Koja biciklistička površina (staza/traka) će se primeniti na određenoj lokaciji određuje se na osnovu maksimalne dozvoljene brzine kretanja motornih vozila na datoj deonici i broja motornih vozila u vršnom satu.

Na semaforizovanim raskrsnicama, ispred zaustavne linije za bicikliste potrebno je predvideti površinu za zaustavljanje biciklista najmanje dužine 5,0 m. Na taj način su vidljivi za ostale učesnike u saobraćaju, ali i povećava se sigurnost biciklista na raskrsnici, s obzirom da svi biciklisti istovremeno prolaze raskrsnicu. Na slici 3 dat je primer iz Pravilnika o biciklističkoj infrastrukturi Republike Hrvatske.



Slika 3: Direktno vođenje biciklističkom trakom/stazom

## Engleska [6]

Kao dobar primer rešavanja ukrštanja staza za slepe i slabovide osobe sa biciklističkim stazama izdvojen je grad London, koji je problem rešio uvođenjem

odgovarajućih tehničkih mera kroz svoje pravilnike i standarde.

Kada su staze za slepe i slabovide osobe u neposrednoj blizini biciklističkih staza mogu dovesti u pitanje bezbednost i jednih i drugih učesnika. Brzina i blizina biciklista mogu uzrokovati opasnost, naročito tamo gde nema fizičkog odvajanja između ove dve grupe (Slika 4.).



Slika 4. Mesto ukrštanja biciklističke staze sa stazom za slepe i slabovide osobe u Londonu

## Sevilja [5]

Sevilja predstavlja primer na koji Beograd treba da se ugleda. Povećali su udeo biciklističkog saobraćaja sa 0,2% na 7% u samo nekoliko godina. Izvršili su segregaciju saobraćaja, samim tim biciklisti se osećaju bezbedno i zaštićeno. Na slici 5 data su neka od rešenja vođenja biciklističkih tokova u Sevilji.



Slika 5. Vođenje biciklističkih tokova u Sevilji

## 4. PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE BIKIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA

Preduslov za razvoj biciklističkog saobraćaja u saobraćajnom sistemu grada Beograda je kvalitetna planska

dokumentacija i pravna regulativa (zakonodavne i normativno - regulativne mere). Izradom Studije biciklističkih koridora kroz Beograd i Pravilnika o biciklističkoj signalizaciji definisali bi se svi neophodni elementi projektovanja iz oblasti biciklističke infrastrukture i saobraćajne signalizacije i opreme.

Tehničko - regulativne mere:

- regulisanje ukrštanja biciklističkih tokova sa ostalim saobraćajnim tokovima. Mesta ukrštanja treba rešavati posebnim površinama za najavu ukrštanja, trakama sa zvučnim efektima, horizontalnom signalizacijom i dr.
- primena pojma "Bike Box" koji predstavlja prostor za smeštanje bicikala ispred neisprekidane zaustavne linije za motorna vozila na semaforizovanoj raskrsnici.
- biciklističke staze ovičavati građevinskim elementima (kamena kocka širine 0,1m)
- odvajanje biciklističkih traka od motornog saobraćaja primenom vibro-traka (u kombinaciji sa bojenjem površina namenjenim biciklistima) ili gumenih odbojnika,
- "zelene staze",
- prateći elementi
- U izmenama i dopunama ZoBS-a RS iz 2018.god uveden je pojam objedinjene pešačko-biciklističke staze koja je definisana saobraćajnim znakom sa slike 6. Ovaj znak nije definisan Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji (RS 85/2017). Ovaj znak se primenjuje u mnogim evropskim zemljama i pogodan je na površinama na kojima nije moguće odvojiti pešačke i biciklističke tokove.

Funkcionalne mere:

- vođenje biciklističkog saobraćaja sporednim ulicama sa manjim

obimom saobraćaja u kojima treba razmotriti mogućnost ograničenja brzine kretanja motornih vozila na 30km/h,

- izbegavati saobraćajnice kroz koje prolaze teretna vozila i vozila GSP-a.
- posebno aktiviranje semafora od strane biciklista,
- postavljanje saobraćajnih ostrva na kolovozu radi odvajanja voznih traka od biciklističkih traka.



Slika 6: Znak za objedinjenu pešačko-biciklističku stazu

## 5. ZAKLJUČAK

S obzirom na razvoj biciklističkog saobraćaja u celom svetu a i kod nas, neophodno je rešiti plansku, zakonsku i tehničku regulativu. Poboljšanje uslova za vođenje biciklističkog saobraćaja postići će se izgradnjom i optimalnim lociranjem biciklističkih koridora, što će učiniti grad atraktivnijim za kretanje biciklista. Pozitivna iskustva iz evropskih gradova mogu poslužiti kao osnov prilikom definisanja parametara za projektovanje kod nas.

Sa razvojem biciklističkog saobraćaja u ukupnom saobraćaju moglo bi se uticati na smanjenje učešća motornih vozila u urbanim gradskim zonama što je jedna od



značajnih aktivnosti koja se sprovodi u današnje vreme.

#### LITERATURA

- [1] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, Beograd 2012.
- [2] Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi, Sl. list Republike Hrvatske br. 28/2016.
- [3] Cycling in the Netherlands”, The Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management.

Fietsberaad (Expertise Centre for Cycling Policy), 2009

- [4] The city of Copenhagen’s bicycle strategy 2011-2025
- [5] <http://content.tfl.gov.uk/international-cycling-infrastructure-best-practice-study-appendix>
- [6] [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/674503/walking-and-cycling-statistics-england-2016](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/674503/walking-and-cycling-statistics-england-2016)

#### SUMMARY

### **PROPOSAL FOR TECHNICAL MEASURES FOR IMPROVE CYCLING TRAFFIC IN BELGRADE**

**Abstract:** *Bicycle traffic, with a long tradition in Belgrade, today returns as a sustainable mode of transport. Based on the experience of European cities in the management of bicycle traffic, the proposal for measures to improve cycling traffic is given. Better technical solutions and the construction of optimal bicycle paths, tape and corridors will make bicycle traffic more attractive.*

**Key words:** *bicycle traffic, experiences, technical measures, conflicting sites*

# SAOBRAĆAJNO-TEHNIČKO UREĐENJE PUTNO-PRUŽNIH PRELAZA

**Marijana Pantić**, Model 5 doo, Beograd, marijana.pantic@model5.rs

**Dejan Ivanović**, Model 5 doo, Beograd, dejan.ivanovic@model5.rs

**Biljana Ranković Plazinić**, Model 5 doo, Beograd, biljana.rankovic@model5.rs

**Milutin Đenadić**, Model 5 doo, Beograd, milutin@model5.rs

**Aleksandar Salević**, Model 5 doo, Beograd, aleksandar.salevic@model5.rs

**Rezime:** U okviru infrastrukturne železničke mreže u Republici Srbiji nalazi se oko 2100 putno-pružnih prelaza, koji su delimično regulisani saobraćajnom signalizacijom i opremom. Posmatrajući stanje, odnosno nivo bezbednosti saobraćaja kada su u pitanju putno-pružni prelazi može se reći da se generalno kod nas nije dovoljno posvetila pažnja njihovom saobraćajno-tehničkom uređenju. Prvenstveno ako se uzmu u obzir ukrštanja drumskog i železničkog saobraćaja, čak i na onim mestima gde su ugrađeni saobraćajni znaci ili svetlosni signali, nije dovoljno obeleženo oznakama na kolovozu kao i saobraćajnom opremom. Na lokacijama gde postoje polubranici javlja se problem bahatosti vozača koji nekontrolisano prelaze šine, čak i kad su polubranici spuštene, što je donekle moguće izbeći ugradnjom branika. Međutim kada su u pitanju pešaci, branici nisu dovoljni kao zaštita od stupanja na šine. Osim nedoličnog ponašanja javlja se i problem infrastrukture u vidu neizgrađenih površina namenjenih osobama sa otežanim kretanjem.

Generalno ovaj rad daje primer mogućeg saobraćajnog uređenja putno-pružnih prelaza u skladu sa svetskim, savremenim rešenjima koje bi trebalo primeniti. Izvršena je analiza stanja bezbednosti saobraćaja sa uzrocima i posledicama saobraćajnih nezgoda. S obzirom da je problem savest vozača i pešaka, na koju se osim edukacija i javnog informisanja mora delovati i fizičkim merama, kao što su barijere, različita obaveštenja o načinu kretanja učesnika u saobraćaju i slično.

**Ključne reči:** putno-pružni prelazi, saobraćajno uređenje, savremena oprema, vođenje pešaka

## 1. UVOD

Na području Srbije nalazi se ukupno 2.138 putnih prelaza tj. mesta na kojima se ukrštaju železničke pruge sa drumskim saobraćajnicama. Način osiguranja putnih prelaza zavisi od preglednosti pruge i puta na mestu ukrštanja (trougao preglednosti), namene i vrste pruge, gustine saobraćaja, najveće dozvoljene brzine kretanja, kao i dužine putnog-pružnog prelaza. Prema Pravilniku o načinu ukrštanja železničke pruge i puta, pešačke ili biciklističke staze, mestu na kome se može izvesti ukrštanje i merama za osiguranje bezbednog

saobraćaja, ova mesta se mogu obeležiti na sledeće načine:

- Saobraćajnim znakovima na putu i horizontalnom signalizacijom
- Svetlosnom saobraćajnom signalizacijom
- Polubranicama sa svetlosnim saobraćajnim znakovima i saobraćajnim znakovima na putu
- Branicama i saobraćajnim znakovima na putu
- Neposrednim regulisanjem saobraćaja na putnom prelazu i posebnim merama u određenim slučajevima

- Ogradama ili drugim uređajima na putnim prelazima za pešake i bicikliste
- Termalnim kamerama namenjenim i železničkom i drumskom saobraćaju

Zbog tehničko-eksploatacionih karakteristika železničkih vozila, nepažnje vozača ili neadekvatne saobraćajne signalizacije putno-pružni prelazi sve više postaju opasna i nebezbedna mesta za sve učesnike u saobraćaju. Kako su tehničko-eksploatacione karakteristike železničkih vozila i ponašanje vozača predmet drugih istraživanja, rad će biti usmeren ka predlozima saobraćajno-tehničkog uređenja putno-pružnih prelaza kao crnih tačaka.

## 2. ULOGA SAOBRAĆAJNE SIGNALIZACIJE NA PUTNO-PRUŽNIM PRELAZIMA

Način obeležavanja putnih prelaza ima značajnu ulogu u smanjenju posledica mogućih konflikata drumskih i železničkih vozila. Aktivna signalizacija na pružnim prelazima podrazumeva zaštitu pruge branicima ili polubranicima, dok upotreba horizontalne i vertikalne signalizacije čine pasivnu signalizaciju.

Tabela 1: Ponašanje vozača u zavisnosti od vrste saobraćajne signalizacije[1]

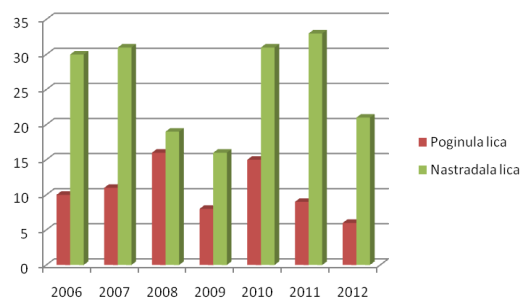
Ponašanje vozača	Pasivna sig.	Aktivna sig.
Stali ispred voza	43% vozača	85% vozača
Stali uprkos upozorenju	57%	16%
Verovatnoća prelaska	0.57	0.15
Stali pre prelaska	29%	22%
Usporili pre prelaska	48%	22%
Nisu stali niti usporili	23%	56%

Istraživanja vezana za ponašanje učesnika u saobraćaju u zavisnosti od vrste saobraćajne signalizacije ukazuju da je po bezbednost učesnika u saobraćaju

повољнија активна сигнализација. Резултати истраживања приказани су у табели 1 [1].

## 3. BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA NA PUTNO-PRUŽNIM PRELAZIMA

Na zvaničnoj internet stranici „Železnica Srbije“ mogu se pronaći podaci o broju nastradalih i poginulih lica u saobraćajnim nezgodama koje su se dogodile na putnim prelazima. Na grafikonu koji sledi prikazani su podaci za period od 2006. do 2012. godine. Tokom 2008. godine evidentiran je najveći broj poginulih, a tokom 2011. godine, nastradalih lica.



Grafik 1: Broj poginulih i nastradalih lica po godina

Zbog povećanog rizika od nastanka saobraćajnih nezgoda u radu će biti opisani neki od predloga saobraćajno-tehničkog uređenja putnih prelaza.

## 4. SAOBRAĆAJNO-TEHNIČKO UREĐENJE PUTNO-PRUŽNIH PRELAZA

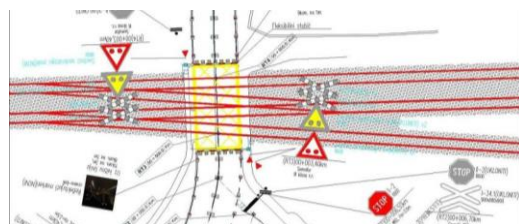
U procesu saobraćajno-tehničko unapređenja putnih prelaza neophodna je izrada saobraćajnog projekta. Kako svaku lokaciju karakterišu određene specifičnosti, tako je potrebno terensko istraživanje uslova funkcionisanja saobraćaja na određenom putnom prelazu. Tokom terenskih istraživanja se snima postojeće stanje saobraćajne signalizacije i opreme, kao i stanje bezbednosti saobraćaja. Nakon toga, vrši se analiza elemenata saobraćajne infrastrukture, te analiza horizontalne, vertikalne signalizacije i saobraćajne

opreme. Rezultati prethodno pomenutih analiza usmeravaju dalja delovanja tj. predloge rešenja ukrštanja železničke pruge sa drumskim saobraćajnicama. Rešenja će biti deo saobraćajnog projekta koji je od višestruke koristi, a implementacija istih će doprineti bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.

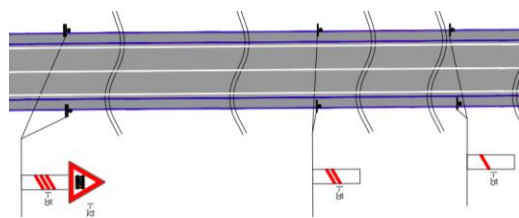
Mogući predlozi saobraćajne signalizacije i opreme koja se može postaviti na putnim prelazima prikazana je u nastavku rada.

#### 4.1. Saobraćajni znakovi

U važećem Pravilniku o saobraćajnoj signalizaciji [5], ne postoji veliki broj saobraćajnih znakova koji vozačima mogu dati adekvatnu informaciju ili upozorenje o nailasku na putni prelaz. Znakovima opasnosti koji se pronalaze u Pravilniku jesu: „ukrštanje puta sa železničkom prugom sa branicima ili polubranicima“, „ukrštanje puta sa železničkom prugom bez branika ili polubranika“, „Andrejin krst“ i „približavanje mestu ukrštanja puta i železničke pruge“ [5]. Na slikama koje slede prikazani su primeri primene vertikalne signalizacije na putnim prelazima.



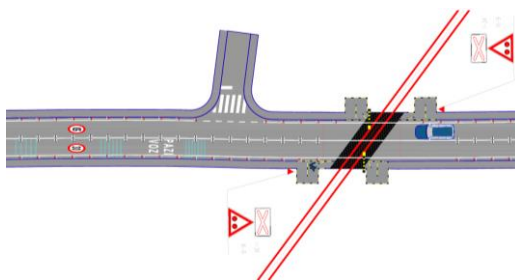
Slika 1: Vertikalna signalizacija na putnom prelazu



Slika 2: Vertikalna signalizacija na putnom prelazu

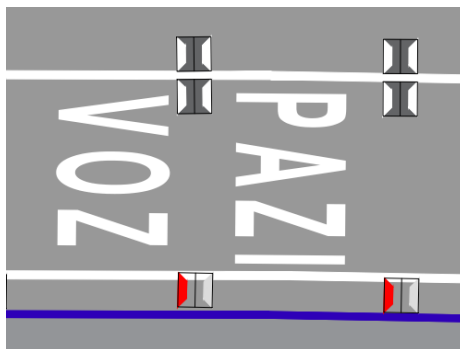
#### 4.2. Oznake na kolovozu

U zoni putnog prelaza neophodno je obeležavanje razdelnih, ivičnih i zaustavnih linija, kao i pešačkih prelaza (slika 3).

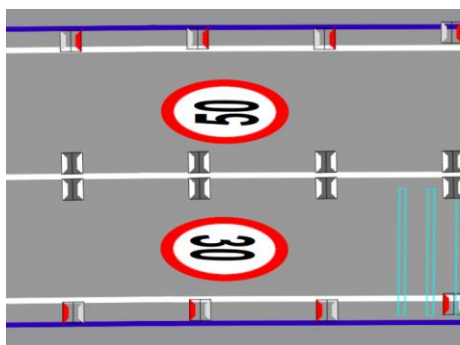


Slika 3: Horizontalna signalizacija na putnom prelazu

Na prilazu putnom prelazu moguće je na kolovozu postaviti obaveštenje i upozorenje tj. natpis „PAZI VOZ“, koji se izvodi u hladnoj plastici. Izgled ovog elementa horizontalne signalizacije prikazan je na slici koja sledi.



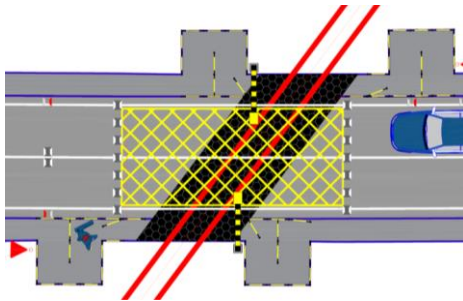
Slika 4: Natpis „PAZI VOZ“ koji se izvodi u hladnoj plastici



Slika 5: Obeležavanje ograničenja brzine, na kolovozu

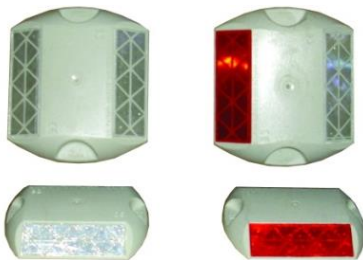
Jedna od prvih mera koja se predlaže u cilju poboljšanja bezbednosti saobraćaja na putnim prelazima, jeste ograničenje brzine. Osim upotrebe vertikalne signalizacije, mogu se na kolovozu postaviti aplikativne oznake koje ukazuju na najveću dozvoljenu brzinu kretanja vozila u zoni prelaza preko pruge. Ograničenje brzine u naselju, na strani približavanja putnom prelazu, iznosi 30 km/h, a na strani napuštanja istog 50 km/h. Na slici 5 prikazan je izgled oznake ograničenja brzine, na kolovozu.

Radi bolje uočljivosti i većeg nivoa bezbednosti saobraćaja, na putnom prelazu se može obeležiti posebna šrafura žute boje (slika 6).



Slika 6: Upotreba posebne šrafure i markera na putnom prelazu

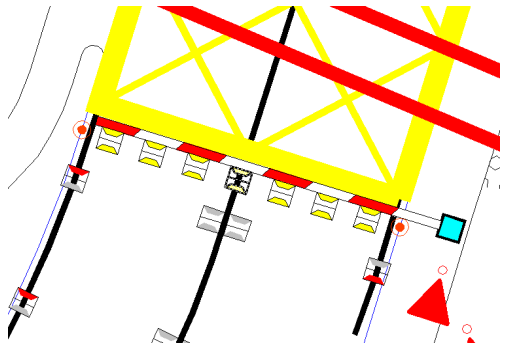
Uz žute oznake, moguće je ugraditi retroreflektujuće markere, koji bi u zavisnosti od protoka vozila mogli emitovati svetlosne signale crvene boje kada voz nailazi te bele boje kada je prolaz za vozila slobodan. Izgled retroreflektujućih markera prikazan je na slici ispod.



Slika 7. Retroreflektujući markeri (pripadaju grupi saobraćajne opreme ali pošto se koriste uz horizontalnu signalizaciju prikazani su u ovom poglavlju)

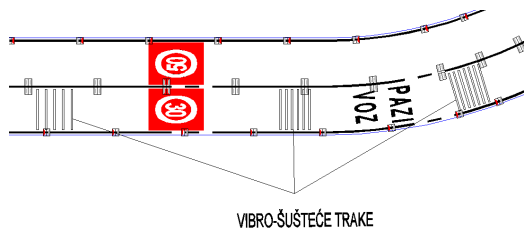
### 4.3. Saobraćajna oprema

Najčešće upotreba horizontalne i vertikalne signalizacije nije najbolje rešenje u smislu smanjenja rizika na putnim prelazima. Kao što je u poglavlju 2 naznačeno, vozači više poštuju pravilo propuštanja železničkih vozila ako se na putnom prelazu postave branici ili polubranici. Branici i polubranici svojim automatskim spuštanjem usled približavanja voza prelazu, zatvore deo ili celi profil puta, te tako onemogućavaju prolazak vozila suprotnim trakama. Prednost u postavljanju branika je u tome što se dešava da vozila i pešaci obilaze polubranike dok su spuštene što može dovesti do direktnog konflikta drumskog i železničkog vozila. Primer postavljanja branika na putnom prelazu prikazan je na slici 8.



Slika 8: Postavljanje branika na putnom prelazu

Još jedna od mera saobraćajno-tehničkog uređenja putnih prelaza jeste postavljanje vibro-zvučnih traka, koje upozoravaju vozače i utiču na podizanje nivoa pažnje. Vibro-zvučne trake se izvode od hladne plastike (slika 9).



Slika 9: Vibro zvučne trake



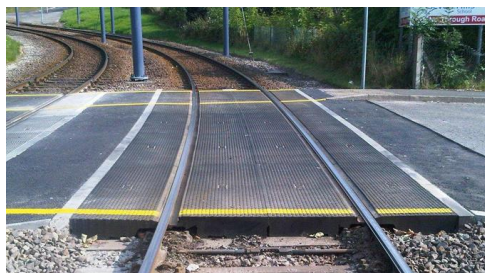
Visinske barijere mogu imati značajnu ulogu na pojedinim putnim prelazima. Da bi iste bile uočljive vozačima, izrađuju se od retroreflektujućih traka. Njihov izgled prikazan je na slici ispod.



Slika 10. Efekat primene visinskih barijera

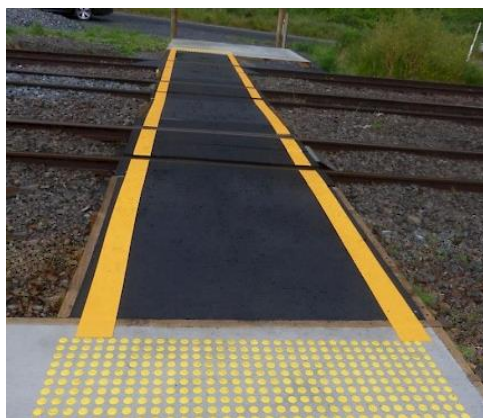


Slika 11: Uređenje putnog prelaza gumenim elementima



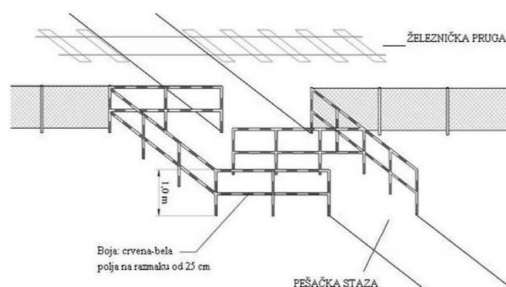
Slika 12: Primer gumenog prelaza [1]

Zbog mogućeg lošeg stanja kolovoznog zastora, pojave udarnih rupa, ispucalog i ulegnutog kolovoza i pojave kolotruga, najčešće je u zonama putnog prelaza neophodno izvršiti rehabilitaciju kolovoznog zastora. Osim toga često je potrebna izgradnja pešačkih površina. U cilju ostvarenja bezbednog kretanja svih učesnika u saobraćaju moguće je postaviti različite gumene panele. Na slikama koje slede prikazani su primeri realizacije ove mere.



Slika 13: Primer gumenog prelaza za pešake [2]

U cilju poboljšanja bezbednosti ranjivih učesnika u saobraćaju, u zoni putnih prelaza moguće je postaviti metalne zaštitne pešačke ograde. Ograda ima ulogu kanalsanja pešaka i sprečavanja direktnog kontakta sa motorizovanim učesnicima u saobraćaju. Jedan od mogućih načina usmeravanja pešaka prikazan je na slici koja sledi.



Slika 14. Način kanalsanja pešaka [3]

Napredan način detektovanja nailaska železničkih vozila te smanjenje



potencijalnih konflikata sa drumskim vozilima jesu termalne kamere. Termalne kamere mogu da doprinesu koordinaciji i motorizovanih i nemotorizovanih učesnika u saobraćaju. Na primer, ako u slučaju nailaska voza, bez obzira da li su spuštene branice ili ne, pešak odluči da pređe na drugu stranu putnog prelaza, termalna kamera ga može detektovati, poslati informaciju kontrolnom centru i mašinovođi, gde bi njegova reakcija bila neizostavna. Isto tako se mogu pružiti informacije vozilima koja bi se našla na prelazu u trenutku kada bi voz trebalo da prođe. Način detektovanja vozila prikazan je na slici ispod.



Slika 15: Način detektovanja vozila uz pomoć termalnih kamera

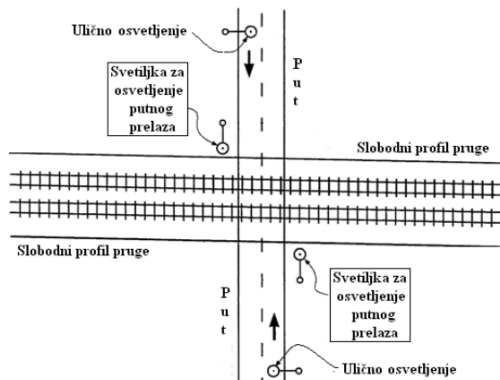
U cilju isticanja pojedinih saobraćajnih znakova moguće je postaviti “led treptače” sa solarnim napajanjem (slika 16).



Slika 16: Izgled solarnog LED treptača

Poznate mere smirivanja saobraćaja i obezbeđenja sigurnog prolaza preko železničke pruge nekada nisu dovoljne. Razlog tome može biti taj što se većina putno-pružnih prelaza nalazi na obodu ili periferiji naseljenih mesta gde nema

uličnog osvetljenja. Jedna od efikasnih i efektivnih mera za redukciju nezgoda u noćnim uslovima jeste osvetljenje putnih prelaza. Rezultati koji su dobijeni nakon istraživanja broja saobraćajnih nezgoda u zavisnosti od obeleživosti putnog prelaza, ukazuju da se broj saobraćajnih nezgoda smanjuje nakon instalacije uličnog osvetljenja. Istraživanja su vršena u periodu od tri godine, pre i posle instalacije osvetljenja. Noću, pre postavljanja osvetljenja, na 47 pružnih prelaza, dogodilo se ukupno 90 saobraćajnih nezgoda. Nakon instalacije osvetljenja, zabeleženo je 46 nezgoda, što ukazuje na redukciju od 52%. Način ugradnje osvetljenja prikazan je na slici ispod.



Slika 17: Način ugradnje rasvete na pružnim prelazima [4]



Slika 18: LED solarna rasveta

Rasveta koja se koristi može biti LED rasveta, koja podrazumeva akumuliranje sunčeve energije u dnevnim uslovima, te emitovanje svetlosne energije u noćnim.

Na slici 18, prikazan je izgled LED svetiljke koja se može implementirati na putnim prelazima.

## 5. ZAKLJUČAK

U saobraćajnom inženjerstvu kao značajan problem bezbednosti saobraćaja prepoznato je ukrštanje železničkih pruga sa drumskim saobraćajnicama. Na teritoriji Srbije postoji značajan broj putno-pružnih prelaza koji su sa aspekta saobraćajno-tehničke uređenosti u lošem stanju. Česti konflikti pomenutih učesnika u saobraćaju, imaju fatalne posledice.

U cilju unapređenja bezbednosti saobraćaja, neophodno je da svaka lokalna zajednica ili nadležne institucije prepoznaju problem koji je predmet ovog rada. Nakon toga preuzimaju se koraci usmereni ka izradi saobraćajnog projekta uređenja putnih prelaza, koji će sadržati sve

neophodne mere povoljnijeg funkcionisanja saobraćaja na ovim mestima. Kombinacija mera koje su definisane u poglavlju 4, jesu lek za obolele tačke putne mreže Srbije - putne prelaze.

## LITERATURA

- [1] Kasalica, S. I. 2013. Unapređenje bezbednosti saobraćaja na putno - pružnim prelazima - Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu: Mašinski fakultet
- [2] Internet stranica: <https://www.google.rs/search?q=rail+crossover+road+rubber&tbm> 25.8.2018.
- [3] Internet stranica: <http://www.totaltactilez.co.nz/projects/tactile-tape/> 25.8.2018.
- [4] Pravilnik o načinu ukrštanja železničke pruge i puta, pešačke ili biciklističke staze, mestu na kome se može izvesti ukrštanje i merama za osiguranje bezbednog saobraćaja
- [5] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji

## SUMMARY

### TRAFFIC ENVIRONMENT DESIGN FOR RAILWAY LEVEL CROSSINGS

**Abstract:** *In Serbia, under the jurisdiction of Serbian Railways, there is approximately 2100 railway level crossings that are partly regulated by road marks, traffic signs and traffic equipment. Based on the observed road safety state/level on railway level crossings, it could be said that generally in Serbia a little attention was paid to their traffic environment design. Firstly, if road-rail crossings are taken into account, even on the locations equipped with traffic signs or traffic lights, it could be concluded that they are not properly marked by road marks and traffic environment. On locations with half-barriers there is a problem of drivers' violence. They cross the railway irregularly, even when half-barriers are down, and this could be avoided to some extent by implementing barriers. However, when it comes to pedestrians, the barriers are not reliable protection to prevent them to step into railways. Besides irregular behavior there is also an infrastructure problem in the form of unbuilt area for disabled persons.*

*Generally, this paper gives an example of complete traffic environment design for railway level crossings in accordance to global modern solutions that should be implemented. A road safety analysis with road accident causes and consequences was conducted. Having in mind that there is a problem with drivers and pedestrians' conscience, which can be treated not only by education and public information but also by physical measures, such as barriers, various notification on road user movements etc.*

**Key words:** *railway level crossing, traffic design, modern equipment, pedestrian guidance*

## STANDARDIZACIJA, PROJEKTOVANJE I UPOTREBA GRAFIČKIH SIMBOLA U SAOBRAĆAJNOM INŽENJERSTVU

**Ana Trpković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [a.trpkovic@sf.bg.ac.rs](mailto:a.trpkovic@sf.bg.ac.rs)

**Ivana Subotić**, JP Putevi Srbije, Beograd, [ivana.subotic@putevi-srbije.rs](mailto:ivana.subotic@putevi-srbije.rs)

**Petar Reković**, Novius d.o.o., Beograd, [petar.rekovic@gmail.com](mailto:petar.rekovic@gmail.com)

**Igor Vukobratović**, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, [igor.vukobratovic@adomne.rs](mailto:igor.vukobratovic@adomne.rs)

**Naser Mostafa**, MHM-projekt d.o.o., Novi Sad, [naserm10@gmail.com](mailto:naserm10@gmail.com)

**Rezime:** Saobraćajna signalizacija predstavlja osnovni način komunikacije između puta i njegovih korisnika. Različite grupe znakova i oznaka čine složen informatički sistem koji se zasniva na regulativi, različitim standardima i normativima. Kako se u saobraćaju informacije mogu prenositi tekstualno i grafički, može se reći da je osnovna karakteristika savremene saobraćajne signalizacije da predstavlja kombinaciju grafičkih simbola i natpisa. Različiti grafički simboli i natpisi su ukomponovani u jedinstven sistem vizuelnih komunikacija, čiji je jedan od osnovnih zadataka da omogući korisnicima bezbedno kretanje na mreži puteva i ulica, kao i da korisnici u svakom trenutku znaju gde se nalaze i kako da stignu do željenog odredišta. Fokus ovog rada usmeren je onaj deo saobraćajne signalizacije koji se bavi grafičkim simbolima - piktogramima. Piktogrami predstavljaju grafički oblikovane objekte ili predmete koji treba bliže da objasne naznačenu poruku. U saobraćajnom inženjerstvu upotreba piktograma je najznačajnija u oblasti putokazne, odnosno turističke signalizacije, što je na neki način iniciralo reviziju i proširenje postojećih normativnih referenci koje se koriste u njihovom projektovanju i izradi. U radu će biti predstavljene aktuelne promene u oblasti standardizacije grafičkih simbola za opštu upotrebu na međunarodnom i nacionalnom nivou, a sa osnovnim ciljem je da se stručna javnost bliže upozna sa novim mogućnostima i rešenjima u ovoj oblasti, kao i sa problemima domaće inženjerske prakse u korišćenju ovih elemenata grafičkog koda.

**Gljučne reči:** grafički simboli, standardizacija, putokazna i turistička signalizacija

### 1. UVOD

Reč piktogram (simbol) vodi poreklo iz latinskog jezika (*lat. pictus - slikan, naslikan*) i predstavlja grafički, slikom prikazan predmet, objekat, živo biće ili pojam [1]. Piktogrami, tj piktografija se smatra i jednim od prvih oblika pisma – pismom u slikama. Početak njihove upotrebe se vezuje za starije kameno doba, kada su ljudi oslikavali pećinske zidove događajima iz svakodnevnog života, prenoseći svoje poruke na ovaj način. Kroz vreme piktogrami su se kao forma izdvojili i

evoluirali kroz stilizaciju i pojednostavljivanje realnih slika do svedenih i geometrijski uobličениh formi. Danas se piktogrami mogu smatrati univerzalnim vizuelnim jezikom i njihova je primena veoma rasprostranjena. Primera je mnogo: u saobraćajnoj komunikaciji, na proizvodima široke potrošnje, računarima, informacionim tablama.

Veoma značajna i česta jeste upotreba piktograma u saobraćaju. Najčešća primena simbola je u vertikalnoj saobraćajnoj signalizaciji čiji je jedan od osnovnih zadataka da omogući korisnicima

bezbedno kretanje na putnoj mreži, kao i da korisnici u svakom trenutku znaju gde se nalaze i kako da stignu do željenog odredišta. Različiti grafički simboli i natpisi su ukomponovani u ovaj jedinstven sistem. U sistemu vertikalne signalizacije znakovi se prema stepenu standardizacije mogu podeliti na:

- podsystem potpuno standardizovanih znakova,
- podsystem delimično standardizovanih znakova i
- podsystem nestandardizovanih znakova.

Potpuno standardizovani znakovi u vertikalnoj signalizaciji su i „simbolički“ znakovi, odnosno znakovi sa tačno utvrđenim grafičkim sadržajem. Dekodiranjem jednog piktograma-simbola znak se identifikuje [1]. Simboli na standardizovanim znakovima prikazuju predmete i pojmove po njihovim najkarakterističnijim elementima, a uvek su usklađeni sa oblikom i bojom znaka. Takođe, njihove mere su tačno određene i predstavljene u odgovarajućem srpskom standardu, a u skladu sa Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji [2]. U tom smislu ovi znakovi, odnosno piktogrami koji ih čine nisu predmet ovog rada.

U okviru podsystema delimično standardizovanih znakova, simboli i natpisi se projektuju prema potrebi i mogu biti standardizovani, ali se uobičajeno izrađuju prema posebnim projektima. Tipičan predstavnik ove grupe znakova jesu znakovi putokazne signalizacije, odnosno turističke signalizacije kao njenog podsystema.

Nestandardizovani znakovi nemaju normativno definisane geometrijske karakteristike, oblik i veličinu natpisa i simbola koji ih sačinjavaju. Ova grupa znakova je karakteristična za pešačku

signalizaciju, kao i za neke druge specifične oblike signalizacije (npr. terminali).

Upravo su ove dve grupe znakova (delimično standardizovani i nestandardizovani), odnosno problemi koji se u praksi javljaju u projektovanju putokazne tj. turističke signalizacije, kao i u projektovanju signalizacije namenjene nemotorizovanim korisnicima inicirale i potrebu za preispitivanjem regulative i standarda u oblasti simbola za opštu upotrebu i njihovog grafičkog predstavljanja, o čemu će biti više reči u nastavku rada.

## **2. NORMATIVI I REGULATIVA – PROBLEMI INŽENJERSKE PRAKSE**

Potreba za izmenama normativa i regulative u oblasti putokazne odnosno turističke signalizacije koja je artikulisana u „Master planu za označavanje turističkih odredišta i upravljanje turističkom signalizacijom na državnim putevima u Republici Srbiji“ ukazuje na brojne probleme sa kojima se susreću svih učesnici u procesu uspostavljanja kvalitetnog sistema vizuelnih komunikacija. Usled uočenih nedostataka postojeće regulative, u okviru pomenutog dokumenta dat je predlog novog Pravilnika o turističkoj signalizaciji, kao i predlog Novog standarda o turističkoj signalizaciji [3].

Sa druge strane, Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija Republike Srbije uputilo je zahtev Institutu za standardizaciju Srbije (ISS) za usvajanje međunarodnog standarda ISO 7001 koji se bavi grafičkim simbolima za opštu upotrebu, odnosno neverbalnom prezentacijom poruka na različitim mestima od javnog značaja.

Kako je korišćenje simbola za opštu upotrebu sastavni deo projektovanja putokazne, tj. turističke signalizacije, kao i

signalizacije namenjene pešacima i biciklistima, bilo je neophodno pristupiti reviziji postojećih nacionalnih standarda (a koji se jednim delom oslanjaju na pomenuti međunarodni standard ISO 7001) iz ove oblasti sa ciljem obezbeđenja sinhronizovanog usvajanja i primene ovih dokumenata.



Slika 1: Primeri piktograma koji se koriste za označavanje istih pojmova (centar, hitna pomoć, policija, muzej, autobuska stanica)

Takođe, razvoj turizma odnosno turističke ponude u našoj zemlji ispostavio je nove zahteve u pogledu označavanja pojedinih specifičnih lokaliteta tj. njihove grafičke interpretacije na saobraćajnim znakovima. Obzirom da postojeći nacionalni, a ni međunarodni normativi nisu mogli da ponude odgovarajuća jednoznačna rešenja, primena simbola na saobraćajnim znakovima je postala potpuno neuređena i stihijska. Aktuelno stanje na domaćoj putnoj i uličnoj mreži

pokazuje da je u upotrebi veoma veliki broj različitih piktograma, često sa amaterskim pristupom vizuelizaciji, a isti pojam je u velikom broju slučajeva grafički interpretiran na različite načine (Slika 1). Svakako da ovakav pristup može zbuniti korisnika i uticati na razumljivost poruke i njenu uočljivost, čime se dovodi u pitanje njena funkcija. U tom smislu je revizija postojećih standarda bila neophodna i opravdana, što je i prikazano u narednom delu teksta.

### 3. NOVI NACIONALNI STANDARDI U OBLASTI SIMBOLA U ZA OPŠTU UPOTREBU U SAOBRAĆAJU

Kao što je već rečeno, postupak redefinisanja regulative i normativnih dokumenata kojima se propisuju pravila i standardi iz oblasti putokazne, odnosno turističke signalizacije je u toku, kao i usvajanje međunarodnog standarda ISO 7001 [4], te je bilo neophodno izvršiti i reviziju onih dokumenata koji su u vezi sa pomenutim referencama.

Sledeći nacionalni standardi sadrže odredbe kojima se bliže uređuje predmetna oblast, a koji se nalaze registru trenutno važećih srpskih standarda Instituta za standardizaciju Srbije:

- SRPS A.A0.065:1989, *Grafički simboli za opštu upotrebu – Osnovni principi za izradu i primenu simbola*
- SRPS Z.S2.601:1990, *Simboli za opštu upotrebu*[5]
- SRPS Z.S2.601-1: 2011, *Znakovi obaveštenja – Simboli za opštu upotrebu – grafičko predstavljanje*[6]

Predmet revizije bili su normativni dokumenti SRPS Z.S2.601 i SRPS Z.S2.601-1. Srpski standard SRPS Z.S2.601:1990 se u potpunosti „oslanja“ na ISO 7001, odnosno identičan je sa ovim međunarodnim dokumentom u onim delovima koji su iz njega preuzeti. Zapravo, on sadrži samo



izabrane simbole iz ISO 7001, a koji su u primeni u nekom od sistema vizuelnih komunikacija u saobraćaju. SRPS Z.S2.601-1:2011 je nacionalni standard koji definiše grafičko predstavljanje simbola na znakovima obaveštenja.

Oba ova standarda je bilo potrebno uskaditi sa međunarodnim normativom i lokalnim potrebama. U tom smislu novi nacionalni standard SRPS Z.S2.601 je u procesu harmonizacije sa ISO 7001, tj. on predstavlja „izvod“ iz međunarodnog standarda kojim se olakšava njegova primena za krajnjeg korisnika. Novi standard SRPS Z.S2.601-1 je u procesu redefinisavanja prošao kroz više faza uskađivanja sa drugim povezanim normativnim dokumentima, ali i potrebama na koje je ukazala inženjerska praksa. Ograničeni broj simbola koji je bio prezentovan u poslednjem izdanju standarda definitivno nije mogao da ispuni postojeće projektantske zahteve, te je bilo neophodno dopuniti ga i dodati one piktograme koji su već u upotrebi. Takođe, bilo je potrebno ujednačiti grafičku interpretaciju pojmova i uskalditi je sa ISO 7001, tamo gde je to bilo izvodljivo. Jedna od osnovnih ideja jeste da SRPS Z.S2.601-1 bude „ otvoren“ dokument koji će biti moguće menjati u skladu sa planiranim aktivnostima nadležne komisije ISS-a, te će biti ostavljena mogućnost za njegove izmene i dopune, ukoliko i kada se za to ukaže potreba. U narednom poglavlju dat je kratak pregled najvažnijih karakteristika Novog standarda SRPS Z.S2.601-1.

### **3.1. Osnovne informacije**

Ovim standardom značajno je proširena dosadašnja ponuda simbola za opštu upotrebu na znakovima obaveštenja. Standard sadrži 79 različitih piktograma kojima se mogu označiti turistički, kulturni,

komercijalni i sportski lokaliteti, kao i saobraćajni i javni objekti.

Pod simbolom se u okviru ovog dokumenta podrazumeva vizuelno uočljiv lik, urađen pisanjem, crtanjem, štampanjem ili nekom drugom tehnikom, namenjen za prenošenje određenog značenja - poruke. Dok je simbol za opštu upotrebu definisan kao grafički simbol namenjen da pruži obaveštenja širokoj javnosti, za čije razumevanje nije neophodno specijalističko ili posebno profesionalno obrazovanje.

Kao i prethodnim, i Novim nacionalnim standardom SRPS Z.S2.601-1 utvrđuje se likovni sadržaj i izgled simbola za opštu upotrebu. U grafičkom prikazu simbola definisano je sledeće:

- značenje simbola,
- standardni sadržaj simbola,
- funkcija simbola i
- područje primene simbola.

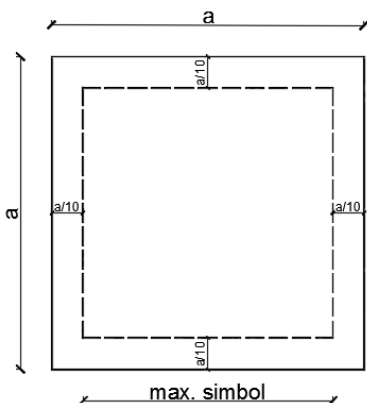
Značenje zapravo određuje predmet ili pojam predstavljen simbolom. Standardni likovni sadržaj je likovni sadržaj koji odgovara opisu za svako značenje u ovom standardu, pri čemu se pod likovnim sadržajem simbola se podrazumevaju svi elementi koji ga sačinjavaju, kao i njihov međusobni odnos i položaj. Funkcija simbola je definisana njegovom svrhom. Područje primene piktograma zapravo predstavlja objašnjenje kojim se bliže određuje njegova upotreba radi prenošenja poruke. Područje primene je navedeno za svaki simbol posebno i označava na koji način se on mora koristiti. Potrebno je napomenuti da primena simbola može biti proširena i na druga područja, tj. tamo gde se to smatra pogodnim.

### **3.2. Veličina simbola**

Pregledom literature, kao i srodnih važećih dokumenata, Novim standardom



SRPS Z.S2.601-1 je definisana maksimalna veličina simbola u odnosu na aplikativnu površinu. U dosadašnjoj domaćoj praksi je uočeno da je u velikom broju situacija na terenu prisutan neadekvatan odnos grafičke poruke i površine na koji se projektuje, čime se direktno ugrožava uočljivost simbola. Iz tog razloga je određena najveća dimenzija simbola u funkciji veličine podloge (kvadrata) na koju se projektuje (Slika 2).



Slika 2: Maksimalna veličina simbola

Generalno, simboli za opštu upotrebu definisani Novim standardom projektovani su tako da se mogu reprodukovati u različitim veličinama u skladu sa konkretnom primenom.

### 3.3. Boje i kontrast

Simboli za opštu upotrebu prikazani u ovom standardu treba da budu primenjeni u onim bojama i na isti način kako je to predstavljeno u predmetnom dokumentu. U najvećem broju slučajeva, simboli koji su u upotrebi su crne boje i projektuju se na belu kvadratnu podlogu. Kolorimetrijske i fotometrijske osobine materijala, odnosno boje osnove znakova, kao i tehnički uslovi, utvrđeni su u standardu SRPS EN 12899-1. Boje primenjene na uzorcima simbola služe samo za orijentaciju, odnosno ne predstavljaju stvarne nijanse boja. Adekvatan kontrast između simbola i pozadine je od suštinskog

značaja za identifikaciju značenja simbola, pa je neophodno poštovati preporuke o minimalnoj veličini pozadine, u skladu sa Slikom 2.

### 3.4. Kategorizacija

Jedna od novina u ovom standardu jeste i kategorizacija simbola za opštu upotrebu koji su, iz praktičnih razloga grupisani u skladu sa oblastima u kojima se uobičajeno može očekivati njihova upotreba, ali i sa međunarodnim standardom ISO 7001. Međutim, ova kategorizacija ne podrazumeva ekskluzivnu upotrebu simbola u okviru navedenih grupa, već se oni mogu koristiti i u drugim oblastima, gde se to smatra odgovarajućim. Simboli za opštu upotrebu grupisani u sledećih pet kategorija:

- Javni objekti (JO) – 18 simbola
- Saobraćaj i transport (ST) – 6 simbola
- Turizam, kultura i nasleđe (TK) – 37 simbola
- Sportske aktivnosti i objekti (SA) – 14 simbola
- Komercijalni objekti (KO) – 4 simbola

Svaki od standardizovanih simbola za opštu upotrebu bi trebalo koristiti za prenošenje samo jedne opšte informacije – poruke, i trebalo bi da bude prisutan u samo jednoj od navedenih kategorija.

## 4. ZAKLJUČAK

Piktogrami ili simboli predstavljaju grafički oblikovane predmete ili pojmove kojima se prenosi određena poruka. U saobraćaju, njihova upotreba je najznačajnija u oblasti putokazne tj. turističke signalizacije. Izmene u regulativi u ovoj oblasti inicirale su i potrebu za promenama u standardima koji se odnose na simbole i njihovu grafičku interpretaciju. Predstavljani normativni dokumenti SRPS Z.S2.601 i SRPS Z.S2.601-1 su redefinisani u odnosu na prethodna izdanja, u skladu sa međunarodnim ISO 7001 standardom i

potrebama na nacionalnom nivou. Unificiranje i standardizacija piktograma koji se koriste u saobraćaju neophodna je da bi se omogućila funkcionalnost samog znaka u smislu njegove razumljivosti, čitljivosti i uočljivosti. U suprotnom obesmišljava se potreba za ovim veoma korisnim i jasnim komunikacionim sredstvom, a sa aspekta struke postavlja pitanje opravdanosti postojanja znaka koji je za korisnika zbunjujući, nečitak ili nerazumljiv. Novi nacionalni standard predstavlja pokušaj da se prevaziđu praktični problemi koji se javljaju na uličnoj i putnoj mreži sa jedne strane, a sa druge strane da se obezbedi sistemski pristup ovoj problematici koji sagledava aktuelna dešavanja na međunarodnom i nacionalnom nivou na području normativa i regulative iz predmetne oblasti.

## LITERATURA

- [1] Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., Milosavljević S., 1997, Elementi saobraćajnog projektovanja - Vertikalna signalizacija, Beograd
- [2] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji ("Sl. glasnik RS", br. 85/2017), 2017, Beograd
- [3] Master plan za označavanje turističkih odredišta i upravljanje turističkom signalizacijom na državnim putevima u Republici Srbiji, 2017, MHM Projekt, NS
- [4] *Graphical symbols — Public information symbols*, ISO 7001:2007, International Organization of Standardization
- [5] Nacionalni standard SRPS Z.S2.601:1990, *Simboli za opštu upotrebu*, ISS, Beograd
- [6] Nacionalni standard SRPS Z.S2.601-1: 2011, *Znakovi obaveštenja – Simboli za opštu upotrebu – grafičko predstavljanje*, ISS, Beograd

## SUMMARY

### STANDARDIZATION, DESIGN AND USE OF GRAPHIC SYMBOLS IN TRAFFIC ENGINEERING

**Abstract:** *Traffic signalization is the basic way of communication between the road and the road user. Different groups of signs and labels comprise a complex information system based on regulations, different standards and norms. Since traffic information can be transmitted textually and graphically, it can be said that the basic characteristic of modern traffic signalization is the combination of graphic symbols and inscriptions. Different graphic symbols and inscriptions are incorporated into a unique visual communication system, which one of the main tasks is to provide users with safe movement on the network of roads and streets, and that the users know where they are and where to find their destination, in every moment. The focus of this paper is focused on the part of the traffic signalization that deals with graphic symbols - pictograms. Pictograms are graphically designed objects or items that are needed to more closely explain the indicated message. In traffic engineering, the use of pictograms is most significant in the area of road signage or tourist signalization, which in some way initiated the revision and extension of existing normative references used in their design and construction. The paper will present the current changes in the field of standardization of graphic symbols for general use on the international and national level, with the main goal is to familiarize the professional public with new possibilities and solutions in this field, as well as problems of domestic engineering practice in the use of these graphic code elements.*

**Key words:** *graphic symbols, standardization, guideposts and tourist signalization*



**GRUPA C**

---

**TEORIJA TOKA, KAPACITET  
PUTEVA I VREDNOVANJE**

---



**GRUPA C****TEORIJA TOKA, KAPACITET PUTEVA I VREDNOVANJE**

---

**POPREČNI PROFIL PUTA U FUNKCIJI SAOBRAĆAJNIH ZAHTEVA**

*Vladan Tubić, Nemanja Stepanović*

**UPRAVLJANJE PRISTUPIMA I KLASIFIKACIJA PRISTUPA PREMA SAOBRAĆAJNIM ZAHTEVIMA**

*Doc. dr Marijo Vidas*

**ISTRAŽIVANJE UTICAJA AUTOBUSA NA PROPUSNU SPOSOBNOST DVOTRAČNIH PUTEVA REPUBLIKE SRPSKE**

*Marko Subotić, Vladan Tubić, Draženko Glavić*

**MERODAVNI SAOBRAĆAJNI PROTOCI U POSTUPCIMA KREIRANJA PROJEKTNIH REŠENJA NA GRADSKOJ MREŽI**

*Miloš Petković, Prof. dr Vladan Tubić, Ass. Nemanja Stepanović*

**ANALIZA BRZINA NA DVOTRAČNIM PUTEVIMA U REPUBLICI SRBIJI**

*Vesna Mešterović, Prof. dr Vladan Tubić, Nemanja Stepanović*

**UPOREDNA ANALIZA PROGNOZIRANIH I DOSTIGNUTIH SAOBRAĆAJNIH TOKOVA NA POTEZU DRŽAVNOG PUTA IB-23 OD POJATA DO PRELJINE**

*Miroslav Jovanović*

**VOŽNJA U SLEĐENJU KAO POKAZATELJ PERFORMANSI DVOTRAČNIH PUTEVA**

*Radivoje Trifunović*

**UTICAJ PRISTUPA NA BRZINU I VREME PUTOVANJA U SAOBRAĆAJNOM TOKU PRI PROLAZU PUTA KROZ NASELJENO MESTO**

*Stefan Despotović*

**ANALIZA REALNIH I PREKORAČENIH BRZINA NA DRŽAVNOM PUTU IB - 22 KRALJEVO - RAŠKA**

*Vuk Topalović, Miloš Balović, Marko Stojanović*





## POPREČNI PROFIL PUTA U FUNKCIJI SAOBRAĆAJNIH ZAHTEVA

Vladan Tubić, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, vladan@sf.bg.ac.rs

Nemanja Stepanović, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Dimenzionisanje poprečnog profila puta je vrlo složen i delikatan zadatak, koji mora da obezbedi balans između ponude i potražnje. To često, pod brojnim spoljnim uticajima, nije slučaj, odnosno dolazi do odabira neracionalnog projektnog rešenja koje nije ekonomski opravdano. Odabir adekvatnog poprečnog profila zahteva sprovođenje ozbiljnih saobraćajnih analiza, pre svega analizu merodavnog protoka, po tradicionalnim metodama i u funkciji karaktera saobraćajnih tokova. U radu je pokazano da je opravdana upotreba najmanje 200-og sata, uz preporuku korišćenja nove metode. Na osnovu detaljne analize saobraćajnih zahteva na putnoj mreži Republike Srbije, uočeno je da se porast saobraćajnih zahteva nije na očekivanom nivou. U skladu sa tim, prilikom buduće gradnje planiranih saobraćajnica potrebno je razmotriti upotrebu međuprofila, odnosno višetračnih puteva, umesto punog autoputskog profila na pojedinim deonicama. Istakao se međuprofil M-4, kao poprečni profil sa dobrim balansom propusne moći, povećanja bezbednosti saobraćaja i investicionih troškova.

**Ključne reči:** poprečni profil, merodavni protok, međuprofil (višetračni putevi)

### 1. UVOD

Saobraćajana infrastruktura odnosno mreža državnih puteva obezbeđuje mobilnost stanovništva i robe, čime podržava ekonomski razvoj svake države. Kako bi planirane investicije u putnu mrežu bili što racionalnije raspoređene i iskorišćene na najbolji način, neophodno je adekvatno sprovođenje saobraćajnih analiza koje predstavljaju ulazni podatak za proces izrade projektnih rešenja puta. Izbor poprečnog profila puta je vrlo složen i delikatan zadatak, koji mora da obezbedi balans između ponude i potražnje. Prilikom odabira projektnog rešenja, pored navedenih parametara, kao uticajni faktor često se pojavljuju političke odluke. Naime, radi veće popularnosti punog profila autoputa u javnosti, često se bez osnova u saobraćajnoj potražnji pristupa izgradnji autoputa, čak i u zahtevnim uslovima terena. Sve to doprinosi visokim

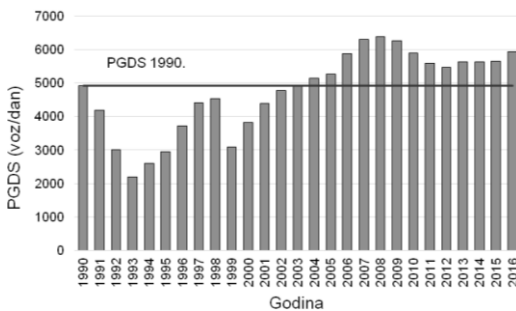
investicionim troškovima, odnosno neopravdanosti projekta sa finansijskog i društveno-ekonomskog aspekta.

Zbog svega navedenog, u radu će biti izvršene analize trendova saobraćajnih zahteva na primarnoj putnoj mreži Republike Srbije kao i analize proračuna merodavnih saobraćajnih protoka u funkciji karaktera saobraćajnih tokova. Cilj ovog rada ogleda se u analizi mogućnosti i opravdanosti primene međuprofila, odnosno višetračnih puteva koji su često projektno rešenje u brojnim razvijenim zemljama, dok su kod nas dosta zanemarena. Primena ovih tipova poprečnog profila može na adekvatan način popuniti prostor koji se javlja kada saobraćajni zahtevi prevaziđu mogućnosti dvotračnih puteva, ali kada nisu dovoljno visoki za izgradnju autoputa u punom profilu.

## 2. ANALIZA SAOBRAĆAJNIH ZAHTEVA NA MREŽI DRŽAVNIH PUTEVA REPUBLIKE SRBIJE

Zvanični podaci o saobraćajnim tokovima pokazuju da su svi vidovi saobraćaja pretpreli su značajne promene obima ostvarenih transportnih usluga. Krizni periodi u poslednjih 30 godina, prouzokovali su preraspodelu teretnog i putničkog tranzitnog saobraćaja na alternativne rute ili vidove saobraćaja, kao i drastično smanjenje izvorno/ciljnih i lokalnih putovanja u okviru Republike Srbije zbog pada ekonomskih aktivnosti i BDP-a. [1]

Na osnovu podataka kontinualnog brojanja saobraćaja sa automatskih brojača saobraćaja (ABS) na putnoj mreži [2] moguće je utvrditi promenu srednje vrednosti Prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS) za posmatrani vremenski period od 1990. do 2016. godine (grafik 1).



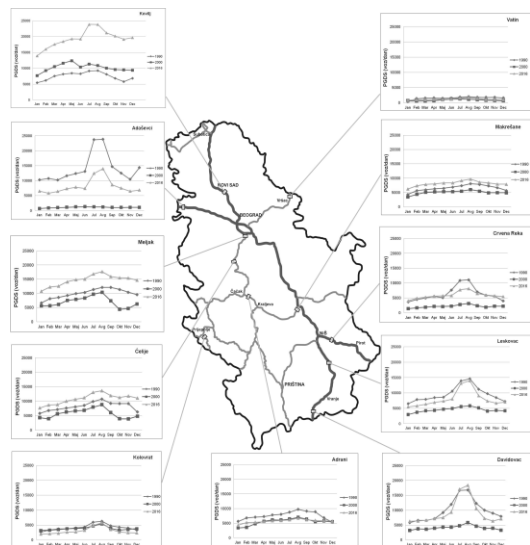
Grafik 1: Promene prosečnih vrednosti PGDS-a na primarnoj mreži Republike Srbije (bez KiM)

Najbolji pokazatelj turbulentnog perioda je podatak da je prosečan dostignuti PGDS na primarnoj putnoj mreži u 2000. godini bio manji za 22,45 % od onog ostvarenog 1990. godine. Ubrzan rast od 2000. godine [3] ostvaren je zahvaljujući uspostavljanju ekonomske stabilnosti, niske baze i rasta nakon kriznih perioda i sankcija, a rezultirao je dostizanjem prosečnog nivoa PGDS-a iz 1990. već 2003. godine. Trendovi rasta potrajali su do

2008. godine. Svetska ekonomska kriza, koja je tada počela da se oseća i ovom regionu, uz već postojeće ekonomske poteškoće, uzrokovala je blagi pad PGDS-a do 2013. godine, nakon koje počinje period stabilizacije saobraćajnih zahteva i blagog rasta do 2016. godine.

Na osnovu preliminaranih rezultata praćenja saobraćajnih tokova, postoje indicije da se rast nastavlja i u 2017. godini, međutim, kako je 2016. poslednja godina za koju su dostupni zvanični rezultati praćenja saobraćajnih tokova, ovo se ne može sa sigurnošću tvrditi. [4]

Za potrebe istraživanja analiziran je Prosečan mesečni dnevni saobraćaj (PMDS) na najznačajnijim - reprezentativnim deonicama sa kontinualnim snimanjem saobraćajnih tokova (slika 1). Reč je o deonicama najopterećenijih i funkcionalno najznačajnijih putnih pravaca u mreži državnih puteva Republike Srbije, na kojima se precizno mogu uočiti specifične promene protoka (voz/dan/mesec) u posmatranom periodu, kao i karakteristike sezonskih varijacija.



Slika 1: Promene saobraćajnih zahteva (za 1990, 2000 i 2016. god.) na državnim putevima

Mogu se izvesti slični zaključci kao za celu mrežu državnih puteva, odnosno jasno se uočava značajn pad potražnje za presečnu 2000. godinu u odnosu na 1990. Dominantna turistička kretanja (tranzitna i izvorno/ciljna), koja uzorkuju vršne protoke u letnjim mesecima su do 2000. godine nestala sa mreže. Uzrok se svakako može pronaći u deceniji turbulentnih političkih dešavanja i sankcija, značajnom slabljenju ekonomske moći stanovništva, nestašici goriva itd, što je uzrokovalo preusmeravanje tranzitnih tokova na alternativne vidove transporta ili rute kroz okolne države, kao i značajnom padu unutrašnjih daljinskih i lokalnih kretanja. Drastične promene dogodile su se na koridoru X, pre svega na potezu između Beograda i granice sa Hrvatskom: najveća vrednosti PMDS-a ostvarena u avgustu 1990. godine od 23.815 voz/dan pala je na 1.303 voz/dan (u mesecu junu) u 2000. godini. Značajniji oporavak saobraćajnih zahteva nije se dogodio ni 16 godina kasnije: najveća vrednost PMDS-a u 2016. godini bila je za oko 41% manje od dostignutog saobraćaja 1990. godine. Slični trendovi dogodili su se i na još nekim deonicama odnosno putnim potezima koridora X, kao što je deonica u blizini granice sa Makedonijom, gde je nakon drastičnog pada 2000. godine, tek 2016. godini zabeležen oporavak, odnosno vraćanje saobraćajnog opterećenja i sezonskih varijacija na nivo iz 1990. godine. Slični trendovi uočavaju se i na kraku ka granici sa Bugarskom, gde je u 2016. godini zabeležen porast saobraćajnih zahteva koji, međutim, još uvek ne dostiže nivo iz 1990. godine. Sa druge strane, severni krak Koridora X (Xb) na potezu od Beograda do Novog Sada beleži konstantan rast saobraćajnog opterećenja od 1990. godine, pa je u 2016. godini zabeležen PGDS na posmatranoj deonici koji je veći za 91% u

odnosu na 2000. godinu. Na osnovu iznesenih podataka može se doći do zaključka da se većina tranzitnih i izvorno/ciljnih kretanja prebacila na severni krak, gde je sa političkom i ekonomskom stabilizacijom došlo do dodatnog rasta. Analizom prosečnog PGDS-a na celokupnoj autoputskoj mreži, može se uočiti da je povratak saobraćajnih zahteva na nivo iz 1990. zabeležen tek 2007. godine, odnosno 3 do 4 godine kasnije u odnosu na celu mrežu, što takođe potvrđuje veći rast saobraćajnog opterećenja na putnim pravcima nižeg ranga (dvotračnim putevima) i sporiji povratak tranzitnih tokova. Nakon 2007. godine beleže se blage oscilacije PGDS-a uz značajniji rast poslednjih godina (2016 i prema preliminarnim rezultatima, 2017. godine).

Kao što je već pomenuto, slični trendovi koji su uočeni prilikom analize prosečnog PGDS-a na celoj mreži državnih puteva, uočeni su i za presečnu 2016. godinu. Ono što karakteriše PMDS, pored ukupnog povećanja saobraćajne potražnje i prestizanja dostignutog saobraćaja iz 1990. godine na mnogim deonicama, jeste povratak sezonskih (turističkih) tokova. Na deonicama putne mreže ostalih značajnih putnih pravaca, kao što je recimo IB22 (nekadašnji M22, poznatiji kao "Ibarska magistrala"), došlo je do opšteg porasta protoka vozila u 2016. godini, sa vremenskim neravnomernostima po mesecima u toku godine koje se slažu sa 1990. godinom.

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da su se tranzitni tokovi u izvesnoj meri vratili na prioritetne putne pravce mreže državnih puteva Republike Srbije, ali da porast saobraćajnih zahteva svakako ne prati očekivanja sa početka XX veka, na šta će se obratiti posebna pažnja u nastavku rada. Analiza saobraćajnih

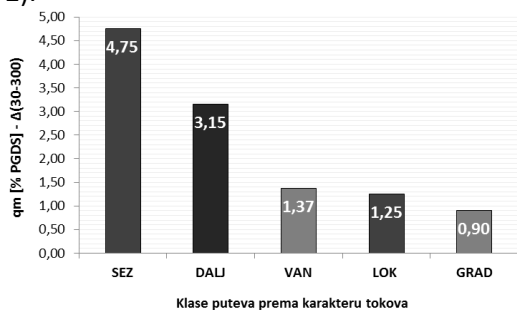
zahteva na mreži državnih puteva nižeg ranga pokazuje da je došlo do rasta daljinskih izvorno/ciljnih i lokalnih kretanja. [4]

### 3. ANALIZA MERODAVNIH PROTOKA U FUNKCIJI KARAKTERA SAOBRAĆAJNIH TOKOVA

Definisanje merodavnih protoka se bazira na utvrđivanju saobraćajnog opterećenja koje odgovara merodavnom satu na dijagramu hronološki svrstanih časovnih protoka. Tako su, nakon kriterijuma "30-og časa" koji je u pojedinim zemljama i dalje u upotrebi, uspostavljeni su i kriterijumi: "50-og časa", "80-og časa", "100-og časa", "150-og časa" i "200-og časa".

Međutim, sa uočavanjem tendencije u promeni merodavnih protoka u funkciji karaktera tokova nameće se potreba za analizom merodavnih vrednosti saobraćajnog opterećenja za svaku klasu puteva prema karakteru tokova posebno.

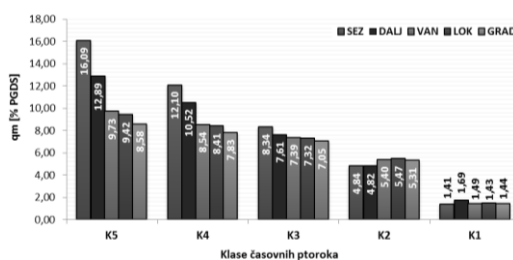
Rezultati sprovedene analize merodavnih protoka na putnoj mreži Republike Srbije [5] prikazali su evidentno smanjenu razliku između vrednosti merodavnih protoka u funkciji različitog broja sati, naročito kod tipično vangradskih puteva, puteva sa dominantno lokalnim kretanjima i gradskih saobraćajnica (grafik 2).



Grafik 2: Razlika u vrednostima merodavnih protoka za različite klase puteva

Naime, razlike u vrednostima merodavnih protoka između 30-og i 300-og

časa kod pomenutih klasa puteva iznose redom 1,37%, 1,25% i 0,90%, što predstavlja značajno malu osetljivost protoka na promenu broja sati i ukazuje na potrebu za ukidanje upotrebe merodavnog protoka manjeg od 200-og časa. U slučaju ostale dve kategorije puteva, odnosno kategorije puteva sa dominantno daljinskim i sezonskim kretanjima, razlike između merodavnih protoka u funkciji broja sati su relativno veće (3,15% i 4,75%, redom), što je posledica karaktera tokova, odnosno većih neravnomernosti saobraćajnog opterećenja u toku godine.



Grafik 3: Distribucija merodavnih protoka po klasama časovnih protoka

Daljom analizom merodavnih saobraćajnih protoka u funkciji klasa saobraćajnih protoka uočene su značajne razlike između različitih klasa puteva, što je prikazano na grafiku 3. Kod puteva sa dominantno sezonskim i daljinskim kretanjima zabeležene su evidentne razlike u prosečnim vrednostima protoka između klasa. Sa druge strane, uprkos redefinisaju broja sati po klasama u odnosu na preporučene vrednosti iz modela HDM4, kod tipično vangradskih puteva, puteva sa dominantno lokalnim kretanjima i gradskih saobraćajnica zabeležena je znatno manja osetljivost, odnosno manja promena %PGDS-a, naročito između poslednje tri klase (K3, K4 i K5). Iz tog razloga, neophodna je dalja analiza i kontinualno praćenje promene saobraćajnog opterećenja u funkciji karaktera saobraćajnih tokova sa ciljem uočavanja promena u vrednostima opterećenja i

daljeg prilagođavanja broja sati po klasama kako bi se stvorio osnov za realnije oslikavanje uslova u saobraćajnom toku u funkciji karaktera tokova.

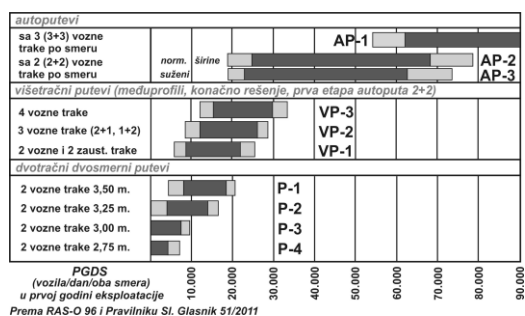
#### 4. DIMENZIONISANJE POPREČNOG PROFILA PUTA

Dimenzionisanje poprečnog profila puta je vrlo složen i delikatan zadatak. Naime, potrebno je obezbediti adekvatnu ponudu, koja će odgovoriti postojećim i planiranim saobraćajnim zahtevima, uz istovremeno ispunjavanje finansijske i društveno-ekonomske opravdanosti investicije. Drugim rečima, neophodno je racionalno dimenzionisati poprečni profil puta koji će omogućiti efikasnu realizaciju zahteva, odnosno ispunjenje saobraćajnih zahteva pri adekvatnom nivou usluge, u projektnom periodu eksploatacije puta (20, 30 godina). Sa druge strane, postoje brojni uticajni faktori prilikom izbora adekvatnog projektnog rešenja. Jedan od najuticajnijih je svakako politički uticaj koji često, svesno ili nesvesno, precenjuje potrebe odnosno zahteve. Kako rezultati brojnih analiza pokazuju [6] politički razlozi se najčešće javljaju u velikim, javnim infrastrukturnim projektima. Oni se odnose na namerno potcenjivanje troškova i manipulacije koje se sprovode prognozama (kao što je preuveličavanje transportnih zahteva), kako bi se određeni projekat realizovao. Ovaj uticajni faktor je posebno prisutan u putnom sektoru, naročito pri planiranju gradnje autoputskih profila, odnosno planiranju mreže autoputeva bez adekvatnih i realnih proračuna merodavnih zahteva odnosno potreba. Realizacija projekta autoputskog profila, koji sa cenom u rasponu od 2 do 20 miliona evra/km spada u grupu najskupljih profila, bez značajne saobraćajne potražnje, dovodi do realnog odsustva finansijskih i društveno-

ekonomskih benefita, odnosno neopravdanosti projekta (investicije).

Prethodno sprovedena analiza saobraćajnih zahteva na primarnoj mreži državnih puteva Republike Srbije pokazala je da su se tranzitni tokovi u izvesnoj meri vratili na prioritete putne pravce mreže državnih puteva Republike Srbije, ali da porast saobraćajnih zahteva svakako ne prati očekivanja sa početka XX veka, što se posebno odnosi na veliki deo autoputskih deonica. Zbog toga je, za buduću gradnju planiranih putnih pravaca potrebno sprovesti detaljnu analizu merodavnih protoka, na osnovu koje je potrebno doneti racionalnu odluku o izboru adekvatnog poprečnog profila u datim uslovima terena. Potrebno je naglasiti da su i normativno (Pravilnikom o projektovanju puteva) definisane granice merodavnih protoka za izbor adekvatnog poprečnog profila:

- $q_{mer} < 1200$  voz/h: dvotračni profil (DP) – P1, P2, P3 i P4;
- $1200 < q_{mer} < 1800$  voz/h: međuprofil (VTP) – M1, M2, M3 i M4;
- $q_{mer} > 1800$  voz/h: autoputski profil (AP) – AP 24, AP 27,5 i AP 35,5.



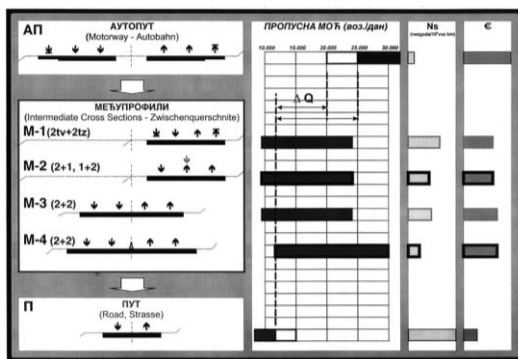
Slika 2: Donje i gornje granice opravdanosti ulaganja

Brojne analize kapaciteta i nivoa usluge različitih poprečnih profila su sprovedene u prošlosti, na osnovu kojih su izrađeni zakonski propisi za dimenzionisanje poprečnih profila. Potrebno je naglasiti



postojanje međuprofila kao adekvatnog projektnog rešenja u slučajevima saobraćajnog opterećenja koje prevazilazi profil dvotračnog puta ali nije dovoljno za izgradnju autoputa u punom profilu (slika 2).

Drugačijim karakteristikama odnosno redukovanim tehničko-eksploatacionim elementima ovog profila, dobijaju se finansijske uštede (u odnosu na profil autoputa) uz obezbeđivanje zahtevanog nivoa usluge u predviđenom eksploatacionom periodu. Ovo je važno naglasiti s obzirom da su ovakva projektna rešenja česta u najrazvijenijim zemljama (Nemačka, Švedska, Švajcarska, Slovenija itd.) dok je na području Republike Srbije i okolnih zemalja prisutnost minimalna.



Slika 3: Poprečni profili vangradskih puteva

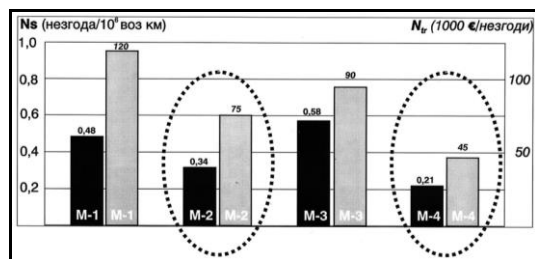
Pored propusne moći različitih poprečnih profila puta, bitnu ulogu sa humanog ali i ekonomskog aspekta ima i rizik od nastanka saobraćajne nezgode, odnosno posledice koje se javljaju kod istih. Različite varijante poprečnog profila imaju drugačiji uticaj na bezbednost saobraćaja prisustvom određenih projektnih elemenata, kao što su razdelni pojasi opremljeni zaštitnim odbojnim ogradama, tzv. New Jersey barijere ili neke druge mere za odvajanje saobraćajnih tokova suprotnih smerova. Odnos propusne moći, očekivanog broja saobraćajnih nezgoda na milion vozilo

kilometara i investicionih troškova za različite varijante poprečnog profila prikazan je na Slika 3.

Može se uočiti da dvotračni putevi bez većih problema obezbeđuju adekvatne uslove u saobraćajnom toku do 12.000 voz/dan, uslovno i do 15.000 voz/dan u nekim slučajevima. Sa druge strane, potpuna opravdanost autoputeva se javlja tek pri 25.000 voz/dan, sa minimum donje granice od 20.000 voz/dan. Drugim rečima, svaka planirana izgradnja autoputa na trasi koja ne ispunjava pomenutu veličinu saobraćajnih zahteva, može dovesti do ekonomske neopravdanosti ulaganja uzrokovano neracionalnim profilom. Kao adekvatno rešenje za saobraćajne zahteva između 10.000 i 25.000 voz/dan (eventualno 30.000 voz/dan za profil M-4) ističu se varijante međuprofila. Međuprofil obezbeđuje zahtevanu propusnu moć uz povećanje bezbednosti saobraćaja (smanjenje rizika i posledica saobraćajnih nezgoda) i racionalizaciju investicionih troškova. Posebno intresantna varijanta međuprofila odnosi se na varijantu M-4, koja je po većini karakteritika slična autoputu, osim odsustva zaustavne trake i redukovane širine razdelnog pojasa. Ova varijanta adekvatno opslužuje PGDS i do 30.000 voz/dan i ima nizak rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda (zaštitna ograda u razdelnom pojasu), odnosno nudi slične uslove autoputskom profilu, za troškove izgradnje koji su niži oko 25%. Takvo rešenje obezbeđuje racionalnu alternativu punom autoputskom profilu na delovima trase koja nema izuzetno visoke saobraćajne zahteve.

Kao što je već pomenuto, saobraćajne nezgode, osim humanog, imaju i značajn ekonomski uticaj na društvo u celini (troškovi jednog izgubljenog života u EU se procenjuju na oko milion evra). Analizirajući alternativna rešenja

međuprofila sa aspekta bezbednosti, mogu se uočiti interesantni pokazatelji (slika 4).



Slika 4: Pokazatelji sigurnosti

Međuprofil M-1, koji predstavlja profil sa 1+1 voznom trakom i ukupno 2 zaustavne trake (2tv+2tz) uzrokuje najveće posledice saobraćajnih nezgoda. Problem na ovom profilu se javlja zbog čestog kršenja saobraćajnih propisa i vožnjom u sve 4 trake, za šta ovaj put nije projektovan, te se zbog toga danas sve manje primenjuje u praksi, često kao privremeno rešenje uz primetnije restirkcije. Najveće rizike nastanka nezgoda, uz nešto manje posledice, ima međuprofil M-3. U pitanju je profil sa 2+2 vozne trake ali bez ikakvog projektog rešenja fizičkog razdvajanja tokova po smerovima. Zbog značajno veće bezbednosti, odnosno najnižeg rizika i posledica saobraćajnih nezgoda od svih varijanti međuprofila, uz neznatno veće troškove, preporučuje se međuprofil M-4. U pitanju je takođe saobraćajnica sa 2+2 vozne trake koje su u odnosu na M-3 razlikuje u širem poprečnom profilu zbog prisustva razdelnog pojasa, sa ogradom koja fizički razdvaja smerove. Varijanta M-2 predstavlja saobraćajnicu 2+1 koja može biti kritična sa aspekta bezbednosti saobraćaja ali je karakteriše veća bezbednost u odnosu na M-1 i M-3 varijantu. Uz upotrebu mera za fizičko razdvajanje tokova po smerovima (primer Švedske), može se značajno smanjiti rizik nastanka nezgoda.

## 5. ZAKLJUČAK

Dimenzionisanje poprečnog profila puta je vrlo složen i delikatan zadatak, u okviru koga je potrebno obezbediti adekvatnu ponudu, koja će odgovoriti postojećim i planiranim saobraćajnim zahtevima, uz istovremeno ispunjavanje finansijske i društveno-ekonomske opravdanosti investicije. Prethodno navedeno zahteva sprovođenje ozbiljnih saobraćajnih analiza, pre svega analizu merodavnog protoka po tradicionalnim i novim metodama. Sprovedene analize merodavnog protoka pokazuju da je neophodna upotreba najmanje 200. sata, uz preporuke uvođenja nove metode – analize merodavnog protoka po klasama u funkciji karaktera saobraćajnih tokova na mreži državnih puteva Republike Srbije. Analiza trendova saobraćajne potražnje pokazala je da su se nakon brojnih nepovoljnih okolnosti, tranzitni tokovi u izvesnoj meri vratili na prioritete putne pravce mreže državnih puteva Republike Srbije, ali da porast saobraćajnih zahteva svakako ne prati očekivanja sa početka XX veka, što se posebno odnosi na veliki deo autoputskih deonica. S obzirom na utvrđene činjenice, odnosno niže saobraćajne zahteve na velikom broju deonica, neophodno je biti posebno obazriv prilikom dimenzionisanja poprečnog profila budućih planiranih saobraćajnica. Ovo je posebno važno istaći zbog brojnih uticajnih faktora prilikom odabira projektog rešenja, od kojih je politički faktor u svetu prepoznat kao najuticajniji za odabir neracionalnih poprečnih profila (autoputeva). Analizom propusne moći različitih varijanti poprečnog profila, rizika i posledica nastanka saobraćajnih nezgoda i investicionih troškova, može se uočiti da dvotračni putevi sa adekvatnim nivoom usluge opslužuju tokove od 12.000 (do

15.000) voz/dan. Uzevši u obzir neophodne karakteristike autoputa punog profila, naročito na zahtevnom terenu, koje drastično povećavaju investicione troškove, dolazi se do podatka da je opravdanost izgradnje ovog tipa poprečnog profila moguća tek od 25.000 voz/dan (najmanje 20.000 na dobrom terenu koji omogućava niže troškove izgradnje). Razliku između gornje i donje granice opravdanosti dvotračnog i autoputskog poprečnog profila možemo na adekvatan način premostiti uvođenjem tipa profila koji se u svetu dosta primenjuje – međuprofila odnosno višetračnih puteva. U pitanju su profili koji uz niže investicione troškove (u odnosu na autoput) omogućavaju veliku propusnu moć (i do 30.000 voz/dan), uz drastično povećanje bezbednosti saobraćaja u odnosu na profil dvotračnog puta. Kao potencijalno adekvatan profil za primenu u našim uslovima, na delonicama za koje saobraćajne analize pokazuju funkcionalnu i ekonomsku opravdanost, ističe se međuprofil M-4, koji je po svim karakteristikama sličan autoputu uz manje investicione troškove za 20-ak %.

Neophodna su dalja istraživanja na planu proračuna merodavnih protoka po klasama, u funkciji karaktera saobraćajnih tokova i uvođenje ovog koncepta u projektantsku praksu. Na taj način bi se dobili precizni ulazni podaci za studije opravdanosti planiranih putnih pravaca u Republici Srbiji (i šire). Na osnovu svega navedenog, potrebno je izvršiti saobraćajne analize i preispitati koncept građenja autoputskog profila po svaku

cenu, u slučajevima kada merodavno saobraćajno opterećenje to ne zahteva, odnosno upotrebu adekvatnog poprečnog profila.

## LITERATURA

- [1] Tubić, V., Maletin, M. (2005). General analysis of transportation demand and supply on primary state rural roads network in the Republic of Serbia, International Journal Transport & Logistics, No. 09, pp 36-51,. UDC. 625.71:625.11
- [2] Brojanje saobraćaja na putnoj mreži Republike Srbije (1990-2016). JP "Putevi Srbije"
- [3] Tubić, V., Maletin, M. (2008). Studija: Kriterijumi za kategorizaciju putne mreže Srbije, Saobraćajni fakultet - Institut saobraćajnog fakulteta, investitor JP "Putevi Srbije"
- [4] Tubić, V., Vidas, M., Stepanović, N. (2018). Karakteristike saobraćajnih tokova i uslovi saobraćaja na državnoj putnoj mreži Republike Srbije, Treći srpski kongres o putevima, el. zbornik radova, str. 543-551, 14-15. jun, Beograd, Srbija
- [5] Petković, M., Tubić, V., Stepanović, N. (2018). Analiza merodavnih saobraćajnih protoka u postupcima kreiranja projektnih rešenja puteva. Put i saobraćaj. Put i saobraćaj. Vol. 64, broj 3, str. 21-31, ISSN 0478-9733[
- [6] Cantarelli, Flyvbjerg, Molin and van Wee, "Cost Overruns in Large-scale Transportation Infrastructure Projects: Explanation and Their Theoretical Embeddness", European Journal of Transport and Traffic Research, Issue 10, pp. 5-18, Delft, 2010. godine

## SUMMARY

### ROAD CROSS SECTION IN FUNCTION OF TRAFFIC DEMANDS

**Abstract:** Road cross section dimensioning is a very complex and delicate task, which must ensure the balance between traffic demand and supply. This is often not the case,

*under external influences, which leads to the selection of a project solution that is not economically feasible. Choosing an adequate road cross-section requires the implementation of complex traffic analyzes, primarily the design hourly volume analysis according to traditional methods and in function of traffic flow character. It has been shown shown that it is justified to use at least 200th highest hourly volume, with the recommendation of using the new method. Based on a detailed analysis of traffic demands on the primary road network of the Republic of Serbia, it was noticed that the increase in traffic demands is not at the expected level. Accordingly, during the future construction of the planned roads it is necessary to consider the use of interprofile, ie multi-lane roads, instead of a full motorway cross-section. The M-4 cross-section came out as a cross section with a good balance of capacity, increased traffic safety and investment costs.*

**Key words:** *road cross section, design hourly volume, interprofile (multi-lane roads).*

# UPRAVLJANJE PRISTUPIMA I KLASIFIKACIJA PRISTUPA PREMA SAOBRAĆAJNIM ZAHTEVIMA

**Doc. dr Marijo Vidas, Saobraćajni fakultet, Beograd, m.vidas@sf.bg.ac.rs**

**Rezime:** *Upravljanje pristupima omogućava pristup zemljištu u okolini posmatranog puta, dok u isto vreme omogućava očuvanje zahtevanih uslova u saobraćajnom toku na glavnom pravcu sa aspekta efikasnosti i bezbednosti saobraćaja. Za uspešnu implementaciju upravljanja pristupima potrebno je definisati sistem – priručnik za klasifikaciju pristupa. Fundamentalna osnova je postojanje funkcionalne klasifikacije puteva koja je definisana na osnovu saobraćajne funkcije samog puta. U svetskoj literaturi definisani su kriterijumi za upravljanje pristupima i ono što je za naše uslove najinteresantnije tehnike za rekonstrukciju postojećih pristupa. Ove tehnike delimo na dve kategorije: tehnike vezane za glavni pravac i tehnike vezane za pristupe. U radu su prikazani rezultati istraživanja u lokalnim uslovima, na deonici dvotračnog puta koja prolazi kroz manje naseljeno mesto. Kao rezultat definisana je klasifikacija pristupa na osnovu njegovog uticaja na uslove na glavnom saobraćajnom toku.*

**Ključne reči:** *pristupi, upravljanje pristupima, saobraćajni zahtevi*

## 1. UVOD

Upravljanje pristupima omogućava pristup zemljištu u okolini posmatranog puta, dok u isto vreme omogućava očuvanje zahtevanih uslova u saobraćajnom toku na glavnom pravcu sa aspekta efikasnosti i bezbednosti saobraćaja. Upravljanje pristupima predstavlja sveobuhvatan postupak za regulisanje prava pristupa na državne puteve, odnosno proces za omogućavanje pristupa zemljištu čije se korišćenje razvija, uz očuvanje efikasnosti saobraćaja na putnoj mreži. Ovo se ostvaruje kroz sistemsku primenu odgovarajućih politika, planiranja, regulativnih mera i projektnih rešenja u cilju upravljanja lokacijom, dizajnom i korišćenjem pristupa na državnu mrežu puteva.

Ulice i putevi predstavljaju jedan od značajnijih resursa i to su objekti koji zahtevaju značajna javna ulaganja u njihovu izgradnju. Neophodno je na njima omogućiti bezbedno i efikasno kretanje

kroz upravljanje pristupima sa parcela i na parcele koje se nalaze u neposrednom okruženju puta. Vlasnici imaju pravo na razuman pristup na sistem ulica i puteva. Korisnici puteva takođe imaju svoja prava, a to je pravo na slobodu kretanja, mobilnost uz očuvanje bezbednosti i efikasno trošenje javnih fondova. Potreba za balansom između ovih kontradiktornih prava je posebno izražena na deonicama gde je primećena ili se očekuje značajna promena u nameni korišćenja okolnog zemljišta.

Racionalno upravljanje putnim sistemom zahteva efikasno upravljanje pristupima.

## 2. IMPLEMENTACIJA UPRAVLJANJA PRISTUPIMA

Za uspešnu implementaciju upravljanja pristupima potrebno je definisati sistem – priručnik za klasifikaciju pristupa. Fundamentalna osnova je postojanje funkcionalne klasifikacije puteva. Putna mreža se tradicionalno klasifikuje na

osnovu saobraćajne funkcije samog puta, odnosno prema tome da li je njegova dominantna funkcija kretanje ili pristup okolnom zemljištu [1].

Autoputevi (daljinski putevi), na kojima postoji potpuna kontrola pristupa i koji opslužuju samo zahteve za kretanjem, nalaze se na jednom kraju hijerarhijske skale, dok se opštinski putevi, koji se dominantno koriste za pristup lokalnom zemljištu, nalaze na drugom kraju skale. Vezni putevi najčešće moraju obezbediti balans između kretanja i pristupa, i upravo ove saobraćajnice su one na kojima je važna sistemska primena mera vezanih za kontrolu pristupa.

U Tabeli 1 prikazana je hijerarhijska klasifikacija vangradskih puteva sa pripadajućim oznakama prema kategorizaciji puteva u našoj zemlji.

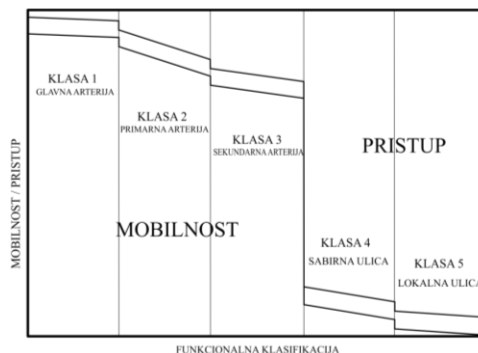
Tabela 1: Klasifikacija vangradskih puteva u Republici Srbiji

Nivo važnosti / funkcija puta	Kategorizacija puteva
Daljinski	DP I
Vezni	DP I
Sabirni	DP II
Pristupni	Opštinski putevi

Viša klasifikacija označava da je na tom putu značajniji saobraćaj na glavnom pravcu, odnosno manji značaj ima omogućavanje pristupa.

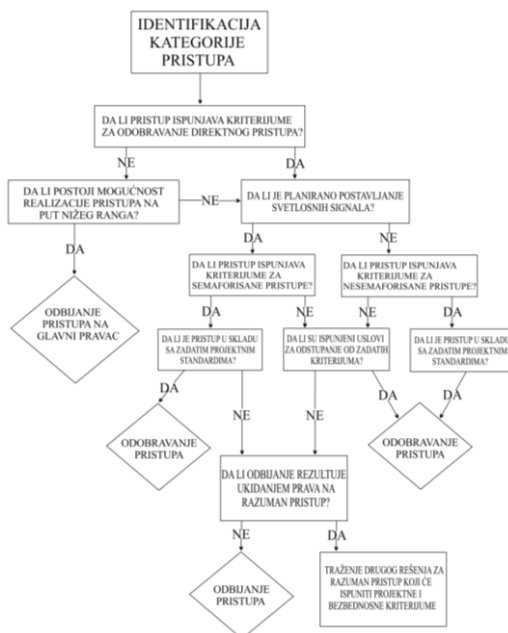
Međutim, cilj uvođenja ovog sistema je uključivanje i budućih planova vezanih za putnu mrežu u analizu; ako neki put prelazi u viši rang, potrebno je od prvog koraka uključiti taj budući rang puta. Ovaj sistem klasifikacije reflektuje trenutne i buduće funkcionalne uloge puteva koje mogu biti [2].

Na Grafiku 1 prikazana je šema funkcionalne klasifikacije i prioriteta sa aspekta mobilnosti/pristupa koja se koristi u Južnoafričkoj republici.



Slika 1: Funkcionalna klasifikacija u Južnoafričkoj republici [3]

Kriterijumi za dobijanje dozvole za pristup moraju biti određeni kroz primenu kriterijuma za pristupe i uslovljeni samom namenom posmatranog pristupa (zemljišta pored puta). Kompletan algoritam procesa za dobijanje dozvole za pristup u SAD prikazan je na Slici 2.



Slika 2: Algoritam procesa za dobijanje dozvole za pristup [4]



### 3. KRITERIJUMI ZA UPRAVLJANJE PRISTUPIMA

Ovi kriterijumi se mogu koristiti za primenu sistema za klasifikaciju pristupa, donošenje odluke o zahtevima za pristup i kao uputstvo za projektovanje novih ili rekonstrukciju postojećih puteva. Preporuke su primenljive na svim nivoima, tj. državnim, opštinskim i putevima u urbanim područjima.

Kriterijumi za upravljanje pristupima prave razliku između [2]:

- lokacije pristupa i
- projektnog rešenja pristupa.

Preporučeni kriterijumi upravljanja pristupima moraju se primenjivati na osnovu planirane funkcije posmatranog puta, ne samo na osnovu trenutnog stanja i funkcije, čime bi se zaštitili putevi za koje je planirana promena funkcionalne klase. Pristup se može obezbediti na mestima gde ne postoji alternativa ili, ako je to od opšte javnog interesa, ovo se pojavljuje najčešće u nerazvijenim zonama, ali nije praktično u gradskim i prigradskim zonama.

Zbog ograničenja sa aspekta dužine samog rada u daljem tekstu će biti dat osvrt samo na tehnike rekonstrukcije postojećih pristupa.

#### 3.1. Tehnike rekonstrukcije postojećih pristupa

Generalni principi za poboljšanje upravljanja pristupima u projektima rekonstrukcije uključuju [2]:

- Ograničavanje broja konflikata,
- Odvajanje osnovnih konfliktnih zona,
- Smanjenje ometanja na glavnom pravcu zbog manevara ulivanja i izlivanja,
- Obezbeđivanje dovoljnog rastojanja između raskrsnica,
- Očuvanje brzine na glavnom pravcu,

- Obezbeđivanje dovoljnog prostora za redove vozila na samom pristupu,
- Podsticanje pristupa na puteve nižeg funkcionalnog ranga, ako je to moguće.

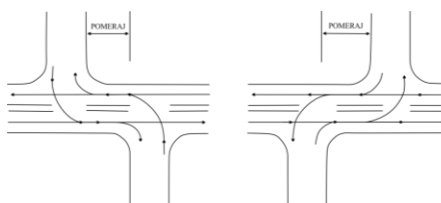
Ove tehnike delimo na dve kategorije: tehnike vezane za glavni pravac i tehnike vezane za pristupe.

U ovom radu fokus će biti na tehnikama vezanim za pristupe, u cilju prikazivanja mogućnosti uređenja haotičnog stanja na našoj putnoj mreži.

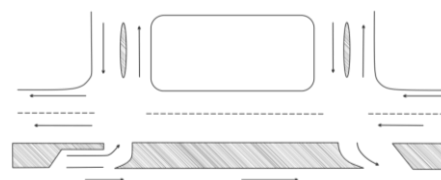
Tehnike rekonstrukcije vezane za pristupe biće prikazane na slikama 3 – 6.



Slika 3: Objedinjavanje i relokacija pristupa [2]



Slika 4: Koordinacija lokacija pristupa [2]



Slika 5: Posebni ulazi za leva skretanja [2]



Slika 6: Postavljanje barijera na podužnim pristupima [2]

#### 4. PREDLOG SISTEMATIZACIJE I KLASIFIKACIJE PRISTUPA

Cilj istraživanja je bio da se snime karakteristike pristupa u cilju definisanja klasifikacije pristupa na osnovu njihovog uticaja na osnovne parametre saobraćajnog toka (brzina i vreme putovanja) na glavnom pravcu na deonicama vangradskih dvotračnih puteva u blizini manjih naseljenih mesta, odnosno pri prolasku kroz njih. U našoj zemlji je primetna pojava haotične (neplanske) urbanizacije u blizini putnih koridora koji povezuju najvažnije privredne regione unutar države, odnosno pojavu i dalji razvoj manjih naseljenih mesta u neposrednoj okolini puta. Generalna istraživanja koja su vršena u Republici Srbiji ukazuju na to da se na nivou cele državne putne mreže gustina legalnih i ilegalnih pristupa kreće u rasponu od 2 do 4 pristupa po kilometru dužine. U neposrednoj blizini naseljenih mesta, gustina pristupa, kao posledica kontinualne ivične izgradnje, raste do vrednosti od 40 do 50 pristupa po kilometru [5].

Direktna posledica toga je da visokopacitetni daljinski putevi projektovani za veće brzine prolaze kroz naselje i pojavu većeg broja pristupa, odnosno raznovrsnog sadržaja u neposrednoj blizini putnog pravca. Usled velikog broja pristupa postoji veliki broj konfliktnih tačaka na putu, što prilično utiče na brzinu i protočnost, ali i na bezbednost saobraćaja [6].

U našoj zemlji rešavanju tog problema pristupalo se krajnje jednostrano. U cilju povećanja bezbednosti saobraćaja uvedeno je ograničenje brzine na takvim deonicama. Tako da imamo slučajeve da put koji je projektovan za brzinu od 100 km/h ima ograničenje brzine od 50 km/h.

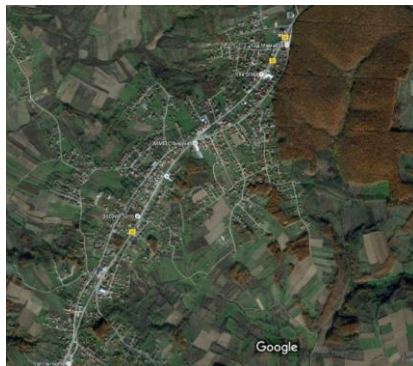
U toj meri se ogleda jednostranost u rešavanju problema, tj. ne postoji

strategija zaštite samog puta odnosno održavanju njegovog projektovanog nivoa. Upravo upravljanje pristupima predstavlja skup mera koji omogućava da se napravi balans između ova dva problema.

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 IB–22 zadovoljava sve ove kriterijume.

Na putu IB–22 nalazi se veliki broj naselja, ali kao predmet ovog istraživanja odabrana je deonica koja prolazi kroz naselje Meljak, odnosno deonica Lipovačka šuma (V. Moštanica) – Meljak (Barajevo).

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 [7]. Posmatrana deonica je prikazana na Slici 7.



Slika 7: Prikaz deonice Lipovačka šuma (V. Moštanica) – Meljak (Barajevo)

Istraživanjem na terenu utvrđena je širina pristupa i rastojanje između pristupa. Ove dve veličine predstavljaju neprekidne slučajne promenljive, jer sa pozitivnom verovatnoćom mogu da uzmu proizvoljnu brojnu vrednost na određenom intervalu.

Izračunato standardno odstupanje za širinu pristupa u smeru A je 16,81 metara, a u smeru B 17,76 metara, dok je koeficijent varijacije u smeru A 0,92, a u smeru B 0,90 [7]. Preko dobijenih vrednosti

za standardno odstupanje i koeficijent varijacije može se ilustrovati problem koji nastaje usled neplanske gradnje (urbanizacije) putne mreže R. Srbije. Preko ovog primera, odnosno zbog izostanaka bilo kakve usaglašenosti između širina pristupa, nedostatak pravilnika vezanog za projektovanje pristupa je još izraženiji.

Izrazito nepovoljna karakteristika komercijalnih pristupa je to što se najčešće realizuju u celoj širini parcele (Slika 8), što je praćeno nedostatkom uređenih parking mesta, pa vozila na glavnom pravcu traže mesto za zaustavljanje i dodatno usporavaju saobraćajni tok.



Slika 8: Pristup svečanoj sali za venčanja

U svetskoj literaturi se sistematizacija pristupa najčešće vrši po saobraćajnim zahtevima na pristupu i geometrijskim karakteristikama. U našoj zemlji, zbog izostanka primene pravila o mogućim ukrštanjima između puteva različitog ranga, vrlo je teško sistematizovati pristupe u tipove, za razliku od svetske prakse, gde postoji do pet osnovnih tipova, u lokalnim uslovima postoji potreba za velikim brojem tipova. Sami pristupi se realizuju po željama samih vlasnika parcele, ne postoji konsultacija sa saobraćajnim inženjerima o pravilnoj realizaciji. Inostrana inženjerska praksa prepoznaje ovaj problem i definiše tačne propise u zavisnosti od namene i korišćenja zemljišta kroz tačnu geometriju, broj

pristupa po parceli i broj traka na pristupu u cilju smanjenja uticaja na glavni pravac.

Iz svega navedenog pre detaljne rekonstrukcije većine pristupa na našoj mreži, osnovna klasifikacija pristupa, relativna zbog kvantifikovanja njihovog uticaja, izvršena je prema njihovoj nameni zemljišta na **privatne** i **komercijalne pristupe** [7].

U kategoriju privatnih pristupa uključeni su pristupi do pojedinačnih domaćinstva, sabirne ulice i raskrsnice. Posmatranjem na terenu uočeno je da sabirne ulice i raskrsnice prevashodno imaju namenu povezivanja privatnih (stambenih) sadržaja sa glavnim pravcem. Komercijalni pristupi imaju značajno veće saobraćajne zahteve od pristupa do pojedinačnih domaćinstava, za koje se može reći da u toku vršnog sata generišu jedno vozilo.

U cilju verifikacije gore navedenih tvrdnji izvršeno je brojanje saobraćajnih zahteva na komercijalnim pristupima i dobijene vrednosti su u opsegu od 15 voz/h do 123 voz/h [7].

## 5. ZAKLJUČAK

Upravljanje pristupima predstavlja sveobuhvatan postupak za regulisanje prava pristupa na državne puteve, odnosno proces za omogućavanje pristupa zemljištu čije se korišćenje razvija, uz očuvanje efikasnosti saobraćaja na putnoj mreži.

Neplanska i haotična urbanizacija, dovodi do toga da visokokapacitivni daljinski putevi projektovani za veće brzine prolaze kroz naselje i pojavu većeg broja pristupa. Kao osnovni preduslov uvođenja mera upravljanja pristupima jeste uvođenje klasifikacije pristupa. Zbog utvrđenih karakteristika pristupa u lokalnim uslovima predložena je klasifikacija na osnovu namene zemljišta na privatne i komercijalne.

## LITERATURA

- [1] Maletin, M., V. Tubić, M. Vidas (2015). Functional Classification of Rural Roads in Serbia. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 5(2), 184–196.
- [2] Rose, D., J. Gluck, P. Demosthenes, B. Koepke, H. Levinson, R. Armour (2000). *Review of SDDOT's Highway Access Control Process*. South Dakota Department of Transportation, Office of Research.
- [3] Committee of Transport Officials (2012). *South African Road Classification and Access Management Manual*. Pretoria, South Africa.
- [4] Williams, K. M. (2002). *Driveway Regulation Practices: A Synthesis of Highway Practice*. National Cooperative Highway Research Program, Synthesis of Highway Practice.
- [5] Tubić, V., M. Vidas (2014). Upravljanje kontrolom pristupa – efikasnost i bezbednost putne mreže Srbije. *Prvi srpski kongres o putevima*, 5–6. jun 2014, 1–10. ISBN: 978-86-88541-02-2.
- [6] Tubić, V., M. Vidas (2015). Kontrola pristupa i klasifikacija pristupa u funkciji uticaja na bezbednost i nivo usluge deonica dvotračnih puteva. *X Međunarodna konferencija „Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici”*, 22–25. april 2015. ISBN: 978-86-7020-316-7.
- [7] Vidas, M., K. Vukadinović, V. Tubić (2016). 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(2).

## SUMMARY

### ACCESS MANAGEMENT AND ACCESS CLASSIFICATION BASED ON TRAFFIC DEMAND VOLUMES

**Abstract:** *Access management allows access to the land surrounding the road, while at the same time it allows the required traffic flow conditions to be maintained on the main direction from the aspect of traffic efficiency and safety. For a successful implementation of access management, it is necessary to define a system - a manual for access classification. The fundamental basis is the existence of a functional road classification that is defined on the basis of the traffic function of the road itself. In the world literature, access management criterias and the techniques for reconstructing existing access are defined. These techniques are divided into two categories: techniques related to the mainstream (main road) and techniques related to access. The paper presents the results of the research in local conditions, on the section of a two-way highway segment passing through suburban settlement. As a result, the classification of the access is based on its impact on the conditions on the main traffic flow.*

**Key words:** *access, access management, traffic demand volumes*

# ISTRAŽIVANJE UTICAJA AUTOBUSA NA PROPUSNU SPOSOBNOST DVOTRAČNIH PUTEVA REPUBLIKE SRPSKE

**Marko Subotić**, Saobraćajni fakultet, Doboj, [msubota@gmail.com](mailto:msubota@gmail.com)

**Vladan Tubić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [vladan@sf.bg.ac.rs](mailto:vladan@sf.bg.ac.rs)

**Draženko Glavić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [drazen@sf.bg.ac.rs](mailto:drazen@sf.bg.ac.rs)

**Rezime:** U radu je analiziran uticaj autobusa (BUS-a) na propusnu sposobnost dvotračnih puteva, a u funkcionalnoj zavisnosti od uzdužnog nagiba. Uticaj BUS-a u saobraćajnom toku iskazan je kroz putnički automobil ekvivalent – PAE, a na osnovu obimnih empirijskih istraživanja u lokalnim uslovima slobodnog toka kvantifikovan je nepovoljni uticaj ove klase vozila. Prikupljanje i analiza podataka izvršena je u Bosni i Hercegovini na deonicama magistralnih puteva u Republici Srpskoj, gde su vrednosti PAE za BUS merene na devet preseka. Utvrđivanjem vremenskih intervala sleđenja, sintezom i analizom podataka dobijene su PAE vrednosti relevantne za ocenu uticaja BUS-a na propusnu moć dvotračnih puteva u lokalnim uslovima. Dobijene PAE vrednosti za sve merne sekcije i za sve varijante uzdužnog nagiba poređene su sa HCM-2010 (Highway Capacity Manual). Na osnovu dobijenih rezultata razvijen je matematički model za utvrđivanje PAE za BUS u funkciji uzdužnog nagiba dvotračnih puteva. Razvoj modela baziran je na utvrđivanju vremenskog intervala sleđenja zasnovanog na Greenshields-ovom baznom modelu.

**Ključne reči:** PAE, dvotračni put, slobodan tok

## 1. UVOD

Struktura saobraćajnog toka se može predstaviti kao elementarni pokazatelj svih očekivanih i neočekivanih promena parametara saobraćajnog toka koji se klasifikuje na homogen, nehomogen i uslovno homogen tok. Obzirom da uslovno homogeni tok u realnim uslovima praktično ne postoji, potrebno je uvesti pojam *ekvivalenta* ( $E_i$ ) (PAE - putnički automobil ekvivalent) kojim se vrši prevođenje nehomogenog saobraćajnog toka u homogen.

U stručnoj literaturi i inženjerskim priručnicima (HCM, HBS<sup>2</sup>, HDM<sup>3</sup>) mogu se

<sup>2</sup>HBS - (*Handbuch fuer die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen*) Nemački priručnik za projektovanje sistema u saobraćaju

<sup>3</sup>Highway Development and Management - Priručnik za razvoj i upravljanje putevima

sresti razne tablične vrednosti ovih ekvivalenata koje se preporučuju za transformaciju heterogenog saobraćajnog toka u uslovno homogen saobraćajni tok pri raznim praktičnim proračunima. Kod analize i proračuna praktičnog kapaciteta i Nivoa Usluge jedan od uticajnih faktora je faktor komercijalnih vozila ( $F_{KV}$ ) koji u sebi sadrži vrednosti ekvivalenata (PAE vrednost) za različite tipove vozila i procentualno učešće tih vozila u toku.

Istraživanje od strane Kockelman [1] ukazuje na činjenicu da dužina vozila ima negativan uticaj na saobraćajni tok. U ovoj studiji analizirani su različiti polinomski modeli saobraćajnog toka trećeg reda u odnosu na gustinu toka.

Najznačajniji uticajni faktori puta se odnose na uzdužni nagib (UN), radijus horizontalne krivine, ravnoću kolovoza, širine kolovozne trake i dužine



preglednosti. Od svih ovih nabrojanih uticajnih faktora, najveći uticaj na PAE vrednosti ima uzdužni nagib, pa se njemu znatan deo ovog istraživanja i posvećuje.

Na osnovu istraživanja Rahke i Lucica [2] koji razlikuje 7 različitih uslova i tipova kolovoza vrednost PAE na dobrim kolovozima je manje promenljiva.

## 2. PREGLED LITERATURE

Naučni radovi bazirani na izučavanju PAE odnose se uglavnom na procenu PAE u odnosu na različite kategorije vozila pod različitim uslovima odvijanja saobraćaja i puta [3, 4]. Elefteriadou i ostali [5] koriste prosečnu brzinu kao meru performansi, dok se istraživanja Webstera i Elefteriadou-a [4] baziraju na određivanju gustine kao mere performansi za utvrđivanje PAE. Bhuvanesh Singh [6] koristi koncentraciju vozila kao karakteristiku saobraćaja za procenu modela simulacije definisane kao deo puta sa brojem vozila u datom trenutku. Ipak, Khan i Maini [7] su dali širok pregled studija modela protoka heterogenog saobraćajnog toka i u ovoj studiji je zaključeno da vrednost ekvivalenata zavisi od sastava toka, zasićenosti i lokacije. Chandra i Sikdar [8] predlažu metod za procenu PAE za heterogeni saobraćajni tok, kao funkciju površine vozila (dužina x širina) i brzine. Al-Kaisy i ostali [3] koriste faktor praznjenja kolone vozila kao meru performansi za procenu PAE tokom zagušenja saobraćajnog toka. Bham i Benekohal [9] koriste procenat odseka zauzetog od strane vozila da bi na bolji način prezentovali uslove saobraćajnih zagušenja kada je saobraćajni tok sastavljen od vozila heterogene dužine. Henning Sorensen [10] je istraživao uticaj komercijalnih vozila na Danskim putevima, na pet deonica puta u okolini Kopenhaga, a korišćena metodologija bazirana je na vremenskom

intervalu sleđenja (GAP). Henning vrši kategorizaciju vozila prema gabaritnim karakteristikama tako što uzima gabarit BUS-a od 10,00 do 14,00 m.

Na osnovu pristupa razvijenog u Nemačkoj na čuvenoj Ahenskoj školi čiji je autor J.V. Korte [11] razmatran je metod za utvrđivanje PAE. On definiše najčešće korišćene vrednosti PAE za BUS koja iznosi 2,00, a za preporučenu vrednost usvaja 1,50.

## 3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Vrednost PAE nije fiksna već varijabilna vrednost i varira od slučaja do slučaja. Ona je promenljiva vrednost za različite klase vozila, a u funkcionalnoj zavisnosti je od više uticajnih faktora. Na osnovu teorijske analize može se postaviti hipotetička pretpostavka da vrednost PAE za BUS u lokalnim uslovima je u funkcionalnoj zavisnosti od evidentnog napretka u tehnologiji izrade i proizvodnje novih vozila. Takođe daje se i druga hipotetička pretpostavka da je vrednost PAE za BUS pre svega u funkcionalnoj zavisnosti od strukture toka, vozno-dinamičkih karakteristika vozila i ponašanja vozača u lokalnim uslovima i tehničko eksploatacionih karakteristika puta.

Definisanje koncepta za istraživanja pri izračunavanju PAE se u osnovi generalno oslanja na već poznatu i dosta primenjivanu Grinshields-ovu relaciju:

$$PAE_i = \frac{H_i}{H_{PA}} \quad (1)$$

$PAE_i$  - putnički automobil ekvivalent i-te kategorije vozila,

$H_i$  - prosečna vrednost intervala sleđenja i-te kategorije vozila,

$H_{PA}$  - prosečna vrednost intervala sleđenja za putnički automobil.

Prema HCM-2010 metodologiji, prilikom definisanja PAE vrednosti, pod teretnim vozilima podrazumevaju se i sve



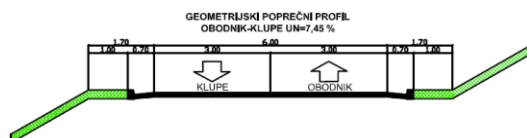
vrste autobusa. Takođe, pod uzdužnim nagibom prema HCM-2010 se podrazumeva uspon veličine  $\geq 3\%$  i duži od 600 m, a razlikuju se dva slučaja na UN, kada je dvotračni put dvosmeran i kada je dvotračni put jednosmeran.

Prema HDM-4 [12] postoje dve vrste PAE faktora u upotrebi: putnički automobil ekvivalent (PAE) i putnički automobil prostor ekvivalent (PAPE).

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja je dobijanje PAE vrednosti BUS-a kroz realne modele, posmatrajući pojedine klase vozila u funkciji uzdužnog nagiba. Ova zavisnost je dobijena empirijskim merenjem vremenskih intervala sleđenja na preseku, na izabranim mernim mestima dvotračnih puteva u funkciji veličine uzdužnog nagiba.

Merenja su vršena na dvotračnim putevima za dvosmerni saobraćaj, širine saobraćajne trake 3,0 m. Elementi situacionog plana dvotračnog puta ne predstavljaju ograničavajući faktor, a u zoni merenja nije bilo radova na putu niti bilo kakvih raskrsnica i priključaka. Na mernim mestima postoji kontinuitet u veličini uzdužnog nagiba sa mogućim odstupanjem do  $\pm 0,5\%$ . Na slici 1 predstavljen je poprečni presek mernog mesta. Izbor lokacija sa navedenim uzdužnim nagibima izabran je iz Baze podataka o karakteristikama puteva (J.P. Putevi Republike Srpske.) Uzdužni nagibi su birani ciljano i sa osecima većim od 1000 m.



Slika 1: Poprečni profil Obodnik - Klupe

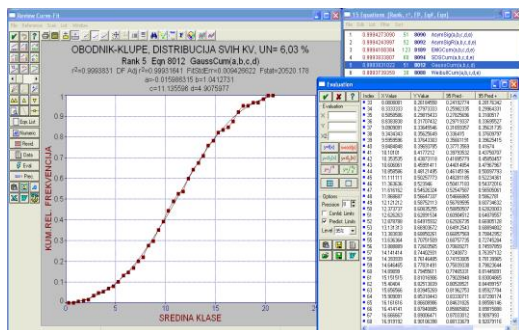
U tabeli 1 dat je prikaz snimljenog broja vozila na pojedinim mernim mestima sa istaknutom klasom BUS-eva.

Tabela 1: Snimljeni broj BUS-eva i KV na pojedinim mernim mestima i po klasama

Merno mesto	Kateg. i br. puta	Uzdužni nagib (%)	BUS	Sva KV	Σ svih vozila
Rudanka-Doboj	M-17	0,00	19	<b>175</b>	1009
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	1,00	15	<b>110</b>	912
Klupe-Teslić	M-4	2,07	24	<b>128</b>	767
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	3,20	17	<b>131</b>	908
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	4,00	12	<b>135</b>	1003
Vrhovi-Šešlije	M-17.2	5,00	17	<b>248</b>	907
Obodnik-Klupe	M-4	6,03	17	<b>137</b>	736
Obodnik-Klupe	M-4	6,84	11	<b>122</b>	713
Obodnik-Klupe	M-4	7,45	18	<b>130</b>	811
<b>UKUPNO</b>			150	<b>1316</b>	7766

Dalja obrada i analiza podataka realizovana je u programu *Microsoft Office Excel*. Za svako merno mesto, na osnovu snimljenih vremenskih intervala sleđenja izračunate su PAE vrednosti BUS-eva, a zatim i aritmetička sredina (AS), standardno odstupanje (STDEV) i koeficijent varijacije. Vozila u klasi BUS-a su svrstana prema vrednostima PAE u klase širine 0,5 sa ciljem dobijanja distribucija PAE za klasu BUS-a. Ovako, tabelarno sređeni podaci iskorišćeni su za dalju analizu, određivanje zakonitosti distribucije i određivanje procentnih vrednosti PAE<sub>15%</sub>, PAE<sub>50%</sub> i PAE<sub>85%</sub>. U ove svrhe korišćen je program za analizu funkcija Table Curve 2D v5.01. (slika 2).

Kao etalonska vrednost PAE u ovom istraživanju za sleđenje PA-PA (putnički automobil-putnički automobil), usvojena je vrednost 1.



Slika 2. Određivanje PAE15%, PAE50% i PAE85%

Na grafiku 1 prikazani su dobijeni modeli PAE za BUS u funkciji uspona. Na dijagramima su prikazane i vrednosti standardnog odstupanja u zavisnosti od uzdužnog nagiba. Modeli su traženi u obliku polinoma drugog stepena:

$$Y = A \cdot x^2 + B \cdot x + C \quad (2)$$

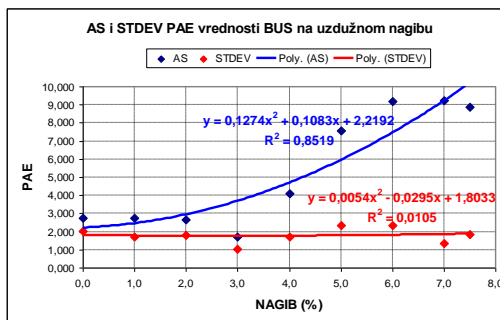
i dobijene su prihvatljive vrednosti koeficijenta korelacije na usponu. Analizom PAE na usponu dobijen je visok koeficijent korelacije za BUS.

Tabela 2. Prikaz empirijski dobijenih vrednosti PAE i HCM vrednosti na presecima datih deonica

MERNO MESTO	Kategorija i broj puta	UZDUŽNI NAGIB (%)	BUS		BUS				
			AS	SD	HCM-1965	HCM-1985	HCM-1994	HCM-2000	HCM-2010
Rudanka-Doboj	M-17	0,00	2,733	2,010	2,0	1,8	1,8	1,1	1,2
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	1,00	2,751	1,710	2,0	1,8	1,8	1,1	1,5
Klupe-Teslić	M-4	2,07	2,680	1,819	2,0	1,8	1,8	1,1	1,5
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	3,20	1,700	1,058	2,0	4,8	4,8	4,5	5,0
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	4,00	4,100	1,724	2,0	6,3	6,3	6,4	7,6
Vrhovi-Šešilje	M-17.2	5,00	7,590	2,341	4,0	8,3	8,3	7,5	9,2
Obodnik-Klupe	M-4	6,03	9,190	2,360	7,0	11,0	11,0	9,1	10,3
Obodnik-Klupe	M-4	6,84	9,220	1,370	12,0	14,5	14,5	9,8	10,4
Obodnik-Klupe	M-4	7,45	8,860	1,843	12,0	14,5	14,5	9,8	10,4

Takođe, na osnovu HCM tabelarno datih vrednosti (HCM-2000 i HCM-2010) i rezultata sopstvenih istraživanja, formirani su matematički modeli, koji su međusobno upoređivani i analizirani (Grafik 2 i 3).

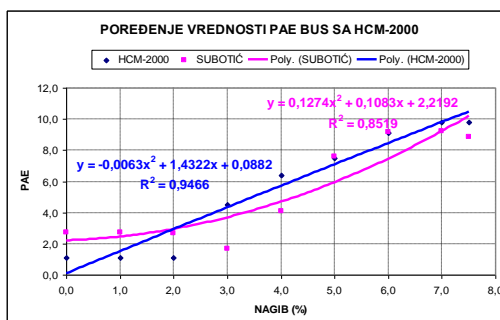
Na osnovu rezultata dobijenih analizom funkcija kumulativne raspodele u tabeli 3 dobijeni su takođe modeli zavisnosti PAE<sub>15%</sub>, PAE<sub>50%</sub> i PAE<sub>85%</sub> za dvotračne puteve u Republici Srpskoj. Dati modeli prikazuju visok stepen korelativne zavisnosti ( $R^2 > 0,5$ ) date na grafiku 4.



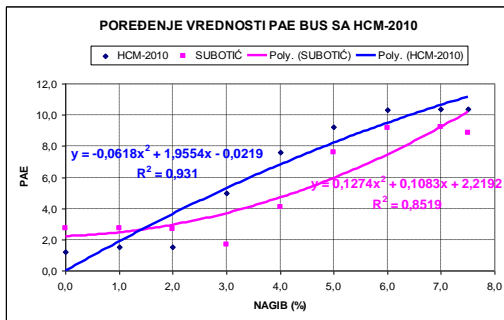
Grafik 1. Vrednosti PAE za BUS u funkciji uzdužnog nagiba

Da bi se mogli uporediti dobijeni rezultati istraživanja sa vrednostima dobijenim u HCM-u neophodno je odrediti njihove modele za ceo raspon nagiba u obliku jedne krive (za svaku verziju HCM).

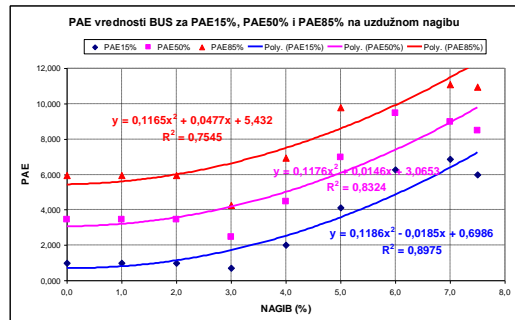
Izdvajanjem vrednosti PAE iz HCM (1965, 1985, 1994, 2000 i 2010), dobijene su reprezentativne vrednosti koje su poređene sa terenski dobijenim modelima. Na ovaj način, dobijene su vrednosti date u tabeli 2 za BUS-eve.



Grafik 2. Uporedni prikaz empirijski dobijenih vrednosti sa HCM-2000



Grafik 3. Uporedni prikaz empirijski dobijenih vrednosti sa HCM-2010



Grafik 4. PAE<sub>15%</sub>, PAE<sub>50%</sub> i PAE<sub>85%</sub> za BUS na dvotračnim putevima RS u funkciji UN

Tabela 3. Prikaz PAE vrednosti za BUS (PAE15%, PAE50% i PAE85%) na dvotračnim putevima

MERNO MESTO	Kategorija i broj puta	UZDUŽNI NAGIB (%)	BUS		
			PAE 15%	PAE 50%	PAE 85%
Rudanka-Doboj	M-17	0,00	0,990	3,465	5,939
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	1,00	0,990	3,465	5,939
Klupe-Teslić	M-4	2,07	0,990	3,465	5,939
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	3,20	0,707	2,475	4,242
Klašnice-Prnjavor	M-16.1	4,00	1,990	4,465	6,939
Vrhovi-Šešilje	M-17.2	5,00	4,131	6,960	9,788
Obodnik-Klupe	M-4	6,03	6,273	9,455	12,636
Obodnik-Klupe	M-4	6,84	6,848	8,970	11,091
Obodnik-Klupe	M-4	7,45	5,990	8,465	10,939

## 5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati na osnovu validnih empirijskih istraživanja potvrdili su polaznu hipotezu ovog rada, odnosno da su vrednosti PAE za BUS u lokalnim uslovima u funkcionalnoj zavisnosti od evidentnog napretka u tehnologiji izrade i proizvodnje novih vozila. U Republici Srpskoj poslednjih godina je došlo do promena u strukturi flote vozila u saobraćajnom toku, kao i vozno - dinamičkih karakteristika vozila. Ovaj proces se karakteriše činjenicom da pored veće prodaje novih vozila strane proizvodnje, zastupljen je i izražen prateći proces većeg uvoza polovnih vozila. Ovakvi preduslovi rezultirali su na prvi pogled paradoksalno manjim PAE vrednostima svih klasa vozila, a pre svega kod BUS-a u odnosu na vrednosti preporučene u američkim priručnicima za kapacitet puteva.

Sumarni rezultati takođe ukazuju da je prosečna vrednost ekvivalenata za BUS na horizontali (UN=0%) dobijena 2,733 (preporučeno 3). Takođe, sa povećanjem uzdužnog nagiba, ova vrednost raste progresivno raste, a sa UN= 7,45% vrednost za PAE kod BUS-a iznosi 8,86 (preporučeno 9). Ovim je dokazano da se sa povećanjem uzdužnog nagiba, povećava i vrednost PAE za BUS, a vrednosti PAE su u rasipanju, što posebno pokazuje koeficijent korelacije  $R^2=0,8519$  za BUS. Time se dokazuje i druga pomoćna hipoteza ovog rada, da su PAE vrednosti za BUS u funkcionalnoj zavisnosti od strukture toka, vozno - dinamičkih karakteristika teretnih vozila i vozača u lokalnim uslovima i tehničko eksploatacionih karakteristika puta.

Posebno je upečatljiva vrednost PAE za BUS na UN= 3,2%, koja iznosi 1,70, čime kontinualni rast PAE vrednosti naglo opada. Ova pojava objašnjava disperziju

vrednosti PAE za BUS u različitim putnim i ambijentalnim uslovima koje vladaju u saobraćajnom toku.

Komparativna analiza dobijenih rezultata sa vrednostima ekvivalenta preporučenim u izdanjima američkog priručnika za kapacitet puteva HCM (2000 i 2010) pokazuje da PAE vrednosti znatno variraju i da za veličine  $UN \geq 2\%$ , sopstvena istraživanja daju manju vrednost PAE za BUS od aktuelnijih HCM priručnika. Sa povećanjem uzdužnog nagiba, vrednost PAE za BUS raste od 3 do vrednosti 9, tako da kriva nije linearna, ali je sa nižim koeficijentom korelacije u odnosu na HCM preporuke ( $PAE > 0,93$ ), što ukazuje na značajno kolebanje PAE vrednosti.

Obzirom da su u radu analizirane samo vrednosti PAE na usponu na dvotračnim putevima za BUS-eve, u narednim istraživačkim poduhvatima, neophodno je posebnu pažnju posvetiti analizi PAE vrednosti na padu. Ovim bi se dale preporuke dobijenih vrednosti PAE za lokalne uslove primenljive u inženjerskoj praksi.

## LITERATURA

- [1] Kockelman, K., Changes in the Flow-Density Relation due to Environmental, Vehicle and Driver Characteristics, Transportation Research Record No.1644: 47-56, 1998.
- [2] Rahka, H., & Lucic, I., Variable Power Vehicle Dynamics Model for Estimating Truck Accelerations, Journal of Transportation Engineering, 128(5), p 412–419, 2002.
- [3] A.F. Al-Kaisy et al., Developing passenger car equivalents for heavy vehicles on freeways during queue discharge flow, Transportation Research Part A 36 (725–742), Elsevier, 2002.
- [4] Webster, N., & L. Elefteriadou, A simulation study of truck passenger car equivalents (PCE) on basic freeway sections, Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 33, No. 5, pp. 323–336, 1999.
- [5] Elefteriadou, L., Torbic, D., & Webster, N., Development of Passenger Car Equivalents for Freeways, Two-Lane Highways, and Arterials, In Transportation Research Record 1572. TRB, National Research Council, Washington, DC., pp. 51-58, 1997.
- [6] Bhuvanesh S., Simulation and Animation of Heterogeneous Traffic on Urban Roads, Ph.D Thesis, Indian Institute of Technology, Kanpur, India, 1999.
- [7] Khan, S. I. & Maini, P., Modeling Heterogeneous Traffic flow, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, 1678, p.234., 1999.
- [8] Chandra, S. & Sikdar, P. K., Factors affecting PCU in mixed traffic on urban roads, Road Transport Research, 9(3), p.40., 2000.
- [9] Bham, G. H. & Benekohal, R. F., A High Fidelity Traffic Simulation Model based on Cellular Automata and Car-Following concepts, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 12 (1), p.1., 2004.
- [10] Sorensen, H, Determing Passenger Car Equivalents for freeways, TRB-Road Directorate Denmark „Proceedings of the Third International Symposium on Highway Capacity“ Copenhagen, Denmark, June 1998.
- [11] J.V. Korte, Osnovi projektovanja gradskog i međugradskog putnog saobraćaja, Građevinska knjiga, Beograd, 1968.
- [12] Bennett, C. & Greenwood, I.D, Modelling road user and environmental effects in HDM-4, THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES 7, The University of Birmingham, 1-11 January 2001.

## SUMMARY

### **THE BUS IMPACT RESEARCH ON TWO-LANE ROADS THROUGHPUT IN THE REPUBLIC OF SRPSKA**

**Abstract:** *In this paper the bus impact on throughput on two-lane roads in functional dependence on longitudinal slope has been analysed. The bus impact in traffic flow has been shown by passenger car equivalent – PCE and based on the extensive empirical research in local conditions of the free flow, the adverse effect of this class of vehicles has been quantified. Data collection and analysis have been done in Bosnia and Herzegovina on main roads sections in the Republic of Srpska where PCE and BUS values have been measured on nine cross sections. By determining the time gap intervals, using data synthesis and analysis, PCE values relevant for the bus impact on two-lane roads throughput in local conditions have been reached. Resulting PCE values for all measured sections and for all variations of the longitudinal slope have been compared with HCM-2010 (Highway capacity manual). Based on the results of the research, mathematical model for determination of PCE for the BUS in function of longitudinal slope on two-lane roads has been developed. Model development has been based on the determination of the time gap according to the Greenshield's base model.*

**Key words:** *PCE, two-lane road, free flow*

# MERODAVNI SAOBRAĆAJNI PROTOCI U POSTUPCIMA KREIRANJA PROJEKTNIH REŠENJA NA GRADSKOJ MREŽI

**Miloš Petković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, milospetkovicds@gmail.com

**Prof. dr Vladan Tubić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, vladan@sf.bg.ac.rs

**Ass. Nemanja Stepanović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.stepanovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** *Analiza promena saobraćajnih zahteva predstavlja jedan od osnovnih preduslova za postupke projektovanja i vrednovanja projektnih rešenja. Sa razvojem savremenih automatskih brojača stvoren je uslov da se saobraćajna opterećenja detektuju po klasama časovnih protoka, što omogućava znatno kvalitetnije i detaljnije analize koje su u funkciji vremenskih neravnomernosti toka. Značaj ove karakteristike je naglašen i za aktivnosti koje se preduzimaju u regulisanju i upravljanju saobraćajem na posmatranoj mreži. Literatura i Uputstva za izradu studija opravdanosti se pretežno odnose na procedure koje važe za uslove vangradske mreže, međutim, kada je u pitanju gradska mreža još uvek nije učinjen napor da se pristupi izradi uputstva za gradsku mrežu. Takav pristup jednostavno nije prihvatljiv, naročito ako se zna da analiza saobraćajnih zahteva (postojećih i budućih), odnosno problem korektnog utvrđivanja merodavnih protoka jeste ono što dominantno utiče na niz strateških odluka u celokupnom procesu optimiziranja putne i ulične mreže. S tim u vezi u ovom radu je sprovedena detaljna analiza merodavnih saobraćajnih opterećenja za period od pet godina na deset reprezentativnih deonica sa fokusom na delove mreže koje karakterišu pretežno gradski uslovi i delove mreže koje karakterišu kretanja sa dominantno lokalnim karakterom. Rezultati ovog rada bi trebalo da omoguće sprovođenje argumentovanijih analiza u fazama projektovanja, kao i u fazama vrednovanja projekata na gradskoj mreži.*

**Ključne reči:** *merodavni protok, klase protoka, gradska mreža, vrednovanje, projektovanje*

## 1. UVOD

Saobraćaj, kao organizovano kretanje ljudi i dobara po mreži saobraćajnica, karakterišu varijace saobraćajnih zahteva tokom godine. Dakle, kvalitet usluge koji pruža određena saobraćajnica definisan je određenim skupom uslova koji vladaju na posmatranom području i u određenom vremenu. Poznato je da geometrija saobraćajnica i saobraćajni zahtevi predstavljaju osnov za definiisanje nivoa usluge i drugih parametara koji se mogu meriti u vremenu i prostoru. Tokom dana, nedelje, meseca ili godine veličina saobraćajnih zahteva će se razlikovati, a samim tim će se razlikovati i nivo usluge.

Međutim, u procesu planiranja, projektovanja i definisanja argumenata neophodnih za donošenje odluka o ulaganju investicija u predložena rešenja puta ili mreže, neophodno je definisati određenu veličinu saobraćajnih zahteva koja će racionalno i u najvećoj meri reprezentovati uslove u saobraćajnom toku koji vladaju na posmatranoj deonici. Problem je dakle pronaći merodavni saobraćajni protok koji će omogućiti sprovođenje procedura vrednovanja i projektovanja projektnih rešenja koja će pritom biti racionalna i opravdana.



## 2. PREGLED LITERATURE

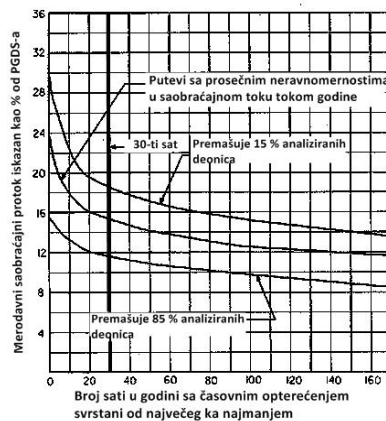
Priča o merodavnim protocima koji na najbolji način oslikavaju realne uslove u saobraćajnom toku pominje se još 1921. godine, kada je Johnson izjavio sledeće: „Tokom cele godine prosečan dnevni saobraćaja (PDS) ne daje broj vozila koji treba biti obezbeđen u određenom periodu zbog sezonskih i časovnih neravnomernosti protoka“. [1] Ova hipoteza je i danas podržana, pa tako AASHTO preporučuje da se u postupcima projektovanja koriste saobraćajni zahtevi za period manji od jednog dana, odnosno u skoro svim slučajevima praktično i adekvatno je koristiti vremenski period od jednog sata. [2] U prilog tome idu i preporuke iz HCM-a (Highway Capacity Manual) iz 2010. godine koje kažu da odabir odgovarajućeg sata za planiranje, projektovanje i vrednovanje putnih rešenja treba da obezbedi kompromis između pruženog adekvatnog nivoa usluge korisnicima i ekonomske efikasnosti prilikom realizacije rešenja. [3]

Izbor merodavnog protoka na osnovu „kolena krive“ prvi su predložili Peabody i Nonnan, 1941. godine. [4] Na osnovu sprovedenih istraživanja autori su zaključili da za puteve sa prosečnim neravnomernostima u saobraćajnom toku u periodu godine ne bi bilo praktično dimenzionisati putne elemente za maksimalna opterećenja. U cilju smanjenja troškova izgradnje, a pritom i održanju efikasnosti saobraćajnice smatrali su da merodavni protok može da ide do 50-og sata. Međutim, od samog početka autori su naglašavali da se ove vrednosti ne odnose na sve vrste puteva i na sva područja analize, već da su ovo samo orijentacione mere na osnovu njihovog istraživanja.

Podaci koji su izvorno analizirani od strane Peabody i Nonnan su kasnije kombinovani sa dodatnim podacima sa 167

brojača saobraćaja u 48 država u sklopu SAD-a, i to je predstavljalo osnov za definisanje merodavnih protoka u prirčniku HCM iz 1950. godine. [5] Ovi podaci su kasnije korišćeni i od strane AASHTO 1994. godine. (Slika 1)

AASHTO je davao preporuku za primenu 30-og sata za vangradske puteve sa prosečnim neravnomernostima u toku godine, s obzirom na to da su smatrali da je primena 30-og sata opravdana sa ekonomskog aspekta i aspekta nivoa usluge.



Slika 1: Kriva hronološki svrstanih protoka [2]

## 3. METODOLOGIJA

U procesu analize merodavnih saobraćajnih protoka osnovni preduslov za dobijanje realnih podataka jeste klasifikacija puteva u odnosu na uslove u saobraćajnom toku koji na njima vladaju. Primaran fokus u ovom radu je usmeren ka analizi merodavnih saobraćajnih opterećenja na delovima mreže koje karakterišu pretežno **gradski uslovi** i delovima mreže koje karakterišu kretanja sa dominantno **lokalnim** karakterom.

U grupu puteva kojoj pripadaju putevi sa dominantno **lokalnim** kretanjima izabrane su sledeće deonice:

- Stara Pazova – Nova Pazova
- Granica APV – petlja Kovilovo
- Lipovačka šuma – Meljak

- Lazarevac (Ibarski put) – Čelije
- Vlaško Polje – Mldenovac

Sa druge strane, kada je reč o **gradskim deonicama**, osnovni problem izbora reprezentativne deonice je bio nedostupnost podataka sa automatskih brojača na tipično gradskim saobraćajnicama. Iz tog razloga, pristupljeno je odabiru vangradskih deonica koje prolaze kroz urbana područja i na kojima vladaju gradski uslovi u saobraćajnom toku.

Analizirane su sledeće deonice:

- Nova Pazova – Batajnica
- Petlja Ostružnica – Umka
- Petlja Pančevo – gr. APV (Pančevo)
- Kraljevo (Beranovac) – Mat. Banja
- Beograd (Tošin bunar) – Beograd (petlja „Mostar“) – most Gazela

Sve analizirane deonice su opremljene automatskim brojačima na osnovu kojih je vršena analiza merodavnih protoka.

U nastavku rada biće prikazana detaljna analiza i sinteza dobijenih rezultata u okviru istraživanja.

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Analiza promena merodavnih protoka, kao jednog od ključnih parametara saobraćajne potražnje, predstavlja jedan od osnovnih preduslova za postupke projektovanja i vrednovanja projektnih rešenja.

Literatura i uputstva za izradu studija opravdanosti se pretežno odnose na

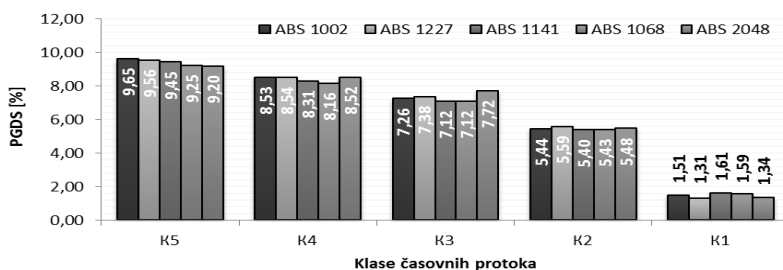
procedure koje važe za uslove vangradске mreže, međutim, kada je u pitanju gradska mreža još uvek nije učinjen napor da se pristupi izradi uputstva za gradsku mrežu. Takav pristup jednostavno nije prihvatljiv, naročito ako se zna da analiza saobraćajnih zahteva (postojećih i budućih), odnosno problem korektnog utvrđivanja merodavnih protoka jeste ono što dominantno utiče na niz strateških odluka u celokupnom procesu optimiziranja putne i ulične mreže.

Iz tog razloga, a sa ciljem uspostavljanja prvog koraka u preispitivanju kompletnog pristupa problemu kreiranja i vrednovanja projektnih rešenja na pretežno uličnoj mreži, u ovom radu je sprovedena detaljna analiza merodavnih saobraćajnih protoka za period od pet godina.

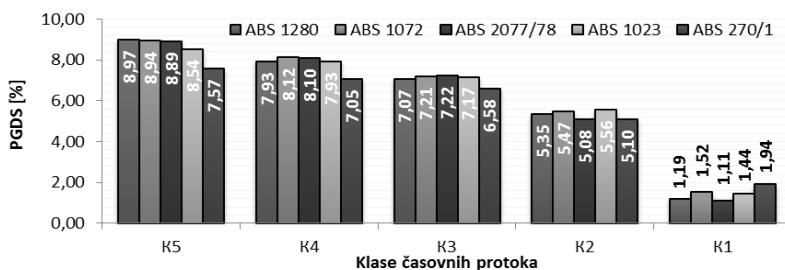
##### 4.1. Rezultati analize časovnih protoka po klasama

Prilikom analize distribucije tokova i raspodele tokova po klasama kao polazna raspodela uzeta je raspodela iz modela HDM 4 u kojem je definisano pet karakterističnih perioda „učestalosti toka“ i to po klasama od K1 do K5:

- K1** - period minimalnog protoka vozila,
- K2** - period protoka vozila koji je ispod proseka,
- K3** - period prosečnog protoka vozila,
- K4** - period natprosečnog protoka vozila,
- K5** - period vršnog protoka vozila.



Slika 2: Distribucija časovnih protoka po klasama za puteve sa dominantno lokalnim kretanjima



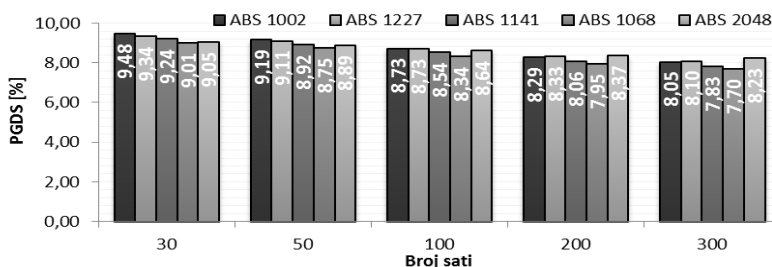
Slika 3: Distribucija časovnih protoka po klasama za gradske saobraćajnice

Analizom rezultata ustanovljeno je da u slučaju obe kategorije puteva ne postoje velika odstupanja u vrednostima %PGDS-a po godinama. Sa druge strane, u pogledu raspodele protoka po klasama uočavaju se promene saobraćajnog opterećenja koje su karakteristične za analizirane kategorije puteva, odnosno za puteve sa urbanim karakterom. Naime, ono što se može primetiti u rezultatima ove analize (Slika 2 i 3) jeste da uprkos redefinisaju broja sati po klasama [6] u odnosu na preporučene vrednosti iz modela HDM4 kod puteva sa dominantno lokalnim kretanjima i kod gradskih saobraćajnica zabeležena je znatno manja osetljivost, odnosno manja promena %PGDS-a, naročito između poslednje tri klase (K3, K4 i K5). Ovo ukazuje na relativno malu promenu merodavnog vršnog opterećenja po klasama kod navedenih kategorija puteva, za razliku od kategorija vangradskih puteva [7] gde postoje razlike između klasa. Iz tog razloga, neophodna je dalja analiza i kontinualno praćenje promene saobraćajnog opterećenja u funkciji

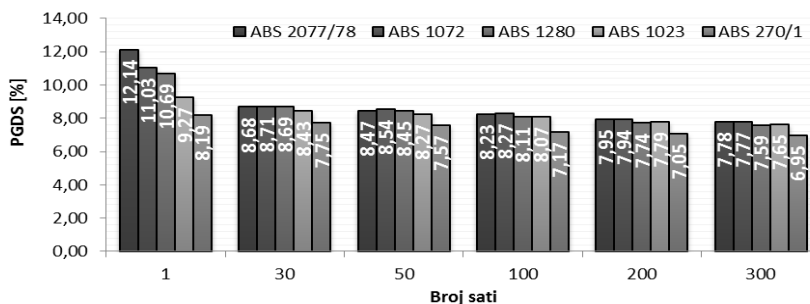
karaktera saobraćajnih tokova sa ciljem uočavanja promena u vrednostima opterećenja i daljeg prilagođavanja broja sati po klasama kako bi se stvorio osnov za realnije oslikavanje uslova u saobraćajnom toku u funkciji karaktera tokova.

#### 4.2. Rezultati analize merodavnih časovnih protoka u funkciji broja sati

Kada je reč o analizi merodavnih protoka u funkciji broja sati u okviru ovog istraživanja ispitivani su kriterijumi koji se najčešće pojavljuju u literaturi, a tu su kriterijumi u opsegu od 30-og do 300-og sata. Kada je reč o kategoriji puteva koju čine gradske saobraćajnice, zbog karakterističnih uslova u saobraćajnom toku i konstantnih saobraćajnih zahteva tokom godine, posebno su analizirane vrednosti vršnih opterećenja. Odnosno, praćene su promene u vrednostima merodavnih saobraćajnih protoka između 1-og i 300-og sata, kako bi se utvrdio i sagledao trend opterećenja na saobraćajnicama urbanog karaktera.



Slika 4: Distribucija časovnih protoka u funkciji broja sati za puteve sa dominantno lokalnim kretanjima



Slika 5: Distribucija časovnih protoka u funkciji broja sati za gradske saobraćajnice

Analizom merodavnih protoka u funkciji broja sati za dve analizirane kategorije puteva utvrđeno je da ni u okviru jedne kategorije ne postoje značajna odstupanja u vrednostima merodavnih protoka po godinama. (Slika 4 i 5) Ono što se jasno može primetiti jeste odstupanje u vrednostima  $q_m$  u funkciji broja sati od preporučenih vrednosti. [8] Pored toga, u rezultatima se može primetiti napred pomenuta smanjena razlika u funkciji broja sati. Naime, prosečne razlike u vrednostima merodavnih protoka između 30-og i 300-og časa kod puteva sa dominantno lokalnim kretanjima i gradskih saobraćajnica iznose redom 1,25% i 0,90%, što predstavlja značajno malu osetljivost protoka na promenu broja sati i još jednom ukazuje na mogućnost dodatnog pomeranja granice merodavnog opterećenja prema 300-om času. Mala osetljivog protoka je pre svega posledica opštih trendova, konstantnih časovnih i dnevnih saobraćajnih zahteva i pojačanog rasta saobraćajne potražnje u okviru urbanih područja, gde su dominantna lokalna i kratka izvorno-ciljna kretanja.

## 5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Na osnovu rezultata sprovedenog istraživanja potvrđeno je da karakter saobraćajnih tokova ima značajan uticaj na distribuciju saobraćajnih zahteva tokom godine. Pored toga, rezultati ukazuju i da je pitanje kalibrisanja  $q_m$ , na realne lokalne uslove veoma složen zadatak. Iz tog razloga, značajne promene koje se dešavaju u saobraćajnim tokovima se

moraju permanento pratiti i postati predmet kontinualnih istraživanja.

U pogledu distribucije protoka po klasama časovnih protoka zabeležena je značajno mala osetljivost, odnosno mala promena % PGDS-a, prvenstveno između poslednje tri klase (K3, K4 i K5). Iz tog razloga, neophodna je dalja analiza  $q_m$  sa ciljem uočavanja promena u vrednostima opterećenja i neophodno je izvršiti dodatno prilagođavanje broja sati po klasama kako bi se stvorio osnov za realnije oslikavanje uslova u saobraćajnom toku u funkciji karaktera tokova.

Kada je u pitanju analiza promene vrednosti  $q_m$  u funkciji broja sati razlike u vrednostima merodavnih protoka između 30-og i 300-og časa kod puteva sa dominantno lokalnim kretanjima i gradskih saobraćajnica iznose 1,25% i 0,90%, redom, što predstavlja značajno malu osetljivost protoka na promenu broja sati i ukazuje na problem definisanja merodavnih vrednosti saobraćajnog opterećenja.

Dodatno, rezultati analize merodavnih protoka u funkciji broja sati pokazali su i potvrdili pretpostavke da maksimalne vrednosti saobraćajnih zahteva na gradskoj mreži nisu značajno izražene, odnosno da ne postoji značajno odstupanje merodavnih protoka u funkciji od 1-og do 30-og sata, te da je jako teško utvrditi „koleno“ na dijagramu hronoloških svrstanih saobraćajnih protoka. Ovo dodatno ukazuje da je neophodno posvetiti posebnu pažnju ovoj kategoriji

puteva i usmeriti se na analizu vršnih opterećenja, koji u ovom slučaju predstavljaju relevantnije pokazatelje.

U daljem istraživanju i analizi merodavnih protoka u funkciji karaktera saobraćajnih tokova neophodno je sprovesti analize promene trendova merodavnih protoka na tipično gradskim ulica i na taj način precizno definisati uticaj urbanih područja na distribuciju saobraćajnih zahteva, što je ujedno predstavljalo ograničenje u ovom radu.

#### LITERATURA

- [1] Johnson, AN. (1921). The Traffic Census and Its Sse in Deciding Road Width. Public Roads, Vol. 4, No.3, July 1921, pp. 6-9, 23
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials. A Policy on Geometric Design of Rural Highways. Washington, DC: AASHTO. 1994.
- [3] Highway Capacity Manual – HCM 2010. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2010.
- [4] Peabody, L. E., O. K. Normann (1941). Application of Automatic Traffic Recorder Data in Highway Planning. Public Roads, Vol. 21, No. 11, pp. 203–222.
- [5] Highway Capacity Manual – HCM 2000. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2000
- [6] Tubić, V. (2012). Merodavni saobraćajni protoci u vrednovanju projektnih rešenja. Tehnika – saobraćaj, No. 2.
- [7] Petković, M., Tubić, V., Stepanović, N. (2018). Analiza merodavnih saobraćajnih protoka u postupcima kreiranja projektnih rešenja puteva. Treći srpski kongres o putevima, Beograd, RS, 14-15. jun 2018. god. Zbornik radova, str. 494-505.
- [8] Kuzović, Lj. (1994). Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže. SF, Univerzitet u Beogradu.

#### SUMMARY

### DESIGN HOURLY VOLUMES IN THE PROCEDURES FOR CREATING PROJECT SOLUTIONS ON URBAN NETWORK

**Abstract:** *Analysis of the change of traffic demand is one of the basic prerequisites for designing and valuating of project solutions. With the development of modern automatic vehicle counters was made a condition to detect traffic volumes by classes, which enables much more quality and more detailed analyzes that are in function of time imbalances of the flow. Also, the importance of this characteristics is emphasized in the traffic control and management activities on the road network. Literature and Directions for the preparation of feasibility studies mainly refer to the procedure applicable to the rural network conditions, however, on the urban network has not made an effort to approach the development of guidelines for the urban network. Such an approach is simply not acceptable, especially if it is known that an analysis of traffic demands (existing and future), or the problem of determining the correct design hourly volumes has the dominant influence on a number of strategic decisions in the whole process of optimizing the rural and urban network. In this regard, this paper has conducted a detailed analysis of design hourly volumes for a period of five years on ten representative road segments with a focus on parts of the network which are characterized predominantly urban parts of the network conditions and road segments that characterize the dominant local character. The results of this paper should enable better implementation of analysis both in the phases of design, as well as in the procedures of functional and economic valuation of road design solutions on urban network.*

**Key words:** *design hourly volume, urban network, classes of flow, valuation, design*

## АНАЛИЗА БРЗИНА НА ДВОТРАЧНИМ ПУТЕВИМА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

**Весна Мештеровић**, дипл. инж. саобр. студент мастер академских студија на Саобраћајном факултету, Београд, [vesnamesterovic@gmail.com](mailto:vesnamesterovic@gmail.com)

**Проф. др Владан Тубић**, дипл. инж. саобр., Саобраћајни факултет, Београд, [vladan@sf.bg.ac.rs](mailto:vladan@sf.bg.ac.rs)

**Немања Степановић**, дипл. инж. саобр., Саобраћајни факултет, Београд, [n.stepanovic@sf.bg.ac.rs](mailto:n.stepanovic@sf.bg.ac.rs)

**Резиме:** *Важан фактор у друштвено – економском развоју једне земље представља развијена, ефикасна и безбедна мрежа путева, а да би се наведено постигло, један од корака је и управљање брзинама на мрежи. Ограничења брзина, као законска и управљачка мера, представљају важно средство у усклађивању и балансирању ефикасности и безбедности саобраћаја, као и хармонизацији услова у саобраћајном току. Када на путној мрежи постоје ограничења брзина која нису у функцији безбедне брзине и која не одражавају функцију пута и путне и саобраћајне услове, улога ограничења брзине је нарушена. Модификованом методом покретног осматрача, уз помоћ апликације на андроид телефону, извршена су истраживања реалних брзина возила и дисперзије брзина при меродавним условима у току на пет потеза државних путева IБ реда. Такође, у раду су емпијским истраживањима установљене вредности ограничења брзина на изабраним локацијама, а коришћењем аналитичких модела и метода, утврђене су слободне брзине возила, експлоатационе брзине тока и реалне експлоатационе брзине возила са АБС-а. Поред наведеног, извршена је и детаљна анализа прекорачења брзина и анализа техничко – експлоатационих карактеристика разматраних потеза. На основу резултата истраживања, идентификовани су узроци и последице проблема и дате су генералне препоруке и смернице за дефинисање концепта управљања брзинама у локалним условима.*

**Кључне речи:** *управљање брзинама, двотрачни путеви, ограничење брзине, кредибилитет ограничења*

### 1. УВОД

Улога брзине у пројектовању и експлоатацији путева је веома значајна. Са једне стране, брзина представља главни параметар у димензионисању и вредновању пројектних решења, јер од ње зависе сви пројектни елементи пута. Као један од основних параметара саобраћајног тока, она представља квалитативну меру за оцену услова у саобраћајном току. Са друге стране,

ограничења брзине, као примарна мера политике управљања брзинама, основно су средство у управљању саобраћајем на мрежи и хармонизацији услова у саобраћајном току.

Основна сврха ограничења брзине је да упути возаче на највећу разумну и безбедну експлоатациону брзину у повољним условима [1] Перцепција безбедне брзине путовања је веома важна и она зависи од геометрије пута и његове околине, намене земљишта у



непосредној околини пута и временских услова [2]. Стога, ограничења брзине морају дефинисати безбедну брзину, која одражава функцију пута, саобраћајне услове у току и пројектоване карактеристике пута [3]. Постављена ограничења брзине која су већа или мања од оних које омогућавају путни и саобраћајни услови, већина возача игнорише [4]. У прилог томе, Goldenbeld and van Schagen тврде да се генерално претпоставља да ће возачи поштовати ограничења брзине ако их сматрају разумним или "кредибилним" [5]. Са друге стране, ако ограничења брзине нису у складу са оном брзином коју возачи сматрају разумном на основу карактеристика пута, они би могли игнорисати та ограничења. Резултати истраживања које су спровели Lee и сарадници такође указују на то да на оцену возача о одговарајућој брзини утичу карактеристике самог пута, те да је кредибилитет ограничења брзине кључни фактор у усклађивању ограничења брзине [6].

Према резултатима анкете коју су Fitzpatrick и сарадници спровели у оквиру свог истраживања, у америчкој пракси су при одређивању пројектне брзине новог пута, најчешће коришћени функционална класа новог пута или законско ограничење брзине [7]. Будући да је пројектна брзина основни параметар у одређивању геометријских карактеристика новог пута у фази пројектовања, постоји оправдана потреба за усклађивањем узастопних елемената пута како би се задржала конзистентност, што је могуће остварити задржавањем константне пројектне брзине у што већој дужини трасе. Осим тога, пројектант треба да одабере одговарајуће вредности за различите путне променљиве како би возачу

саопштио одговарајућу брзину и операције дуж пута, будући да се конзистентност у пројектовању односи и на способност геометријских карактеристика пута да одговоре очекивањима возача. Када постоји неконзистентност која нарушава очекивања возача, возач може усвојити неадекватну брзину или неадекватни маневар, који потенцијално може довести до незгоде [8]. Насупрот томе, када је конзистентност обезбеђена, елиминишу се све ненадане промене у геометријским карактеристикама узастопних елемената пута, спречавајући критичне маневре вожње и минимизирајући ризик од незгоде [9]. Како би се пронашло решење за решавање неконзистентности у пројектној и експлоатационој брзини, разна истраживања су уложила напоре да укључе експлоатациону брзину у процес пројектовања [10].

Пожељан је процес пројектовања који може обезбедити изглед трасе која за резултат има складнији однос између жељене експлоатационе брзине, реалне експлоатационе брзине и постављеног ограничења брзине [7]. Дакле, тежи се томе да геометријски изглед пута и околина пута одговарају предвиђеној сврси пута. Овакав приступ ствара геометријске услове који би требало да за резултат имају експлоатационе брзине које су у складу са очекивањима возача и које су сразмерне функцији пута. Претпоставка је да би у том случају постојала комплементарна веза између пројектне брзине, експлоатационе брзине и постављених ограничења брзина.

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

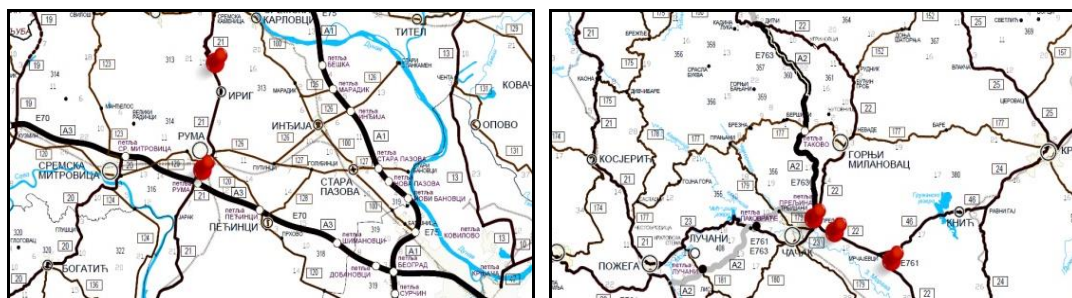
За потребе истраживања, на мрежи државних путева IB реда одабрано је пет

деоница са инсталираним аутоматским бројачима саобраћаја, а зоне истраживања сведене су на одсеке хомогених карактеристика пута, у дужинама од по километар испред и иза аутоматских бројача саобраћаја (Слика 1). За дефинисање утицајних зона спроведено је теренско истраживање, где су провераване и кориговане све техничко – експлоатационе карактеристике путева, преузете из Базе података о путевима ЈП "Путеви Србије", али и услова у саобраћајном току. Подаци из базе о путевима на дефинисаној микро-зони од 1+1 (km), детаљно су анализирани по свакој карактеристици пута на основу најновијих снимања из 2016. године. На терену су, такође, провераване и вредности ограничених брзина по смеровима у дефинисаној утицајној зони.

Коришћењем верификованих аналитичких модела и метода, у раду су утврђене вредности слободних брзина, експлоатационих брзина тока и реалних експлоатационих брзина возила са АБС-а ( $V_{eABС}$ ) и анализиране су разлике између слободних ( $V_{sl}$ ), експлоатационих ( $V_e$ ) и ограничених брзина ( $V_{огr}$ ). За анализу експлоатационих брзина тока, коришћени су линеарни модел

експлоатационих брзина по класама протока за двотрачне путеве и модел експлоатационих брзина на двотрачним путевима по поступку из НСМ 2000, коришћењем софтвера НСМ 2000. У раду је, такође, извршена и детаљна анализа прекорачења брзина на локацијама постојећих аутоматских бројача саобраћаја. У овој анализи, коришћени су подаци за 2015. годину.

У оквиру овог рада, на анализираним хомогеним одсецима путева извршена су и мерења брзина у реалним условима, уз помоћ апликације на андроид телефону. Мерења су извршена модификованом методом покретног осматрача, односно возило осматрач се кретало у саобраћајном току опонашајући остала возила у току. Како би се обезбедила већа поузданост, на предметним хомогеним одсецима извршено је више мерења по смеровима, а на основу претходних анализа временске неравномерности, одабрани су термини истраживања при меродавним оптерећењима ( $q_m$ ), на основу резултата анализе временске неравномерности са АБС. На Сликама 2 и 3, приказане су локације аутоматских бројача и то на одсецима Прељина – Мрчајевци и Мрчајевци – Краљево, респективно.

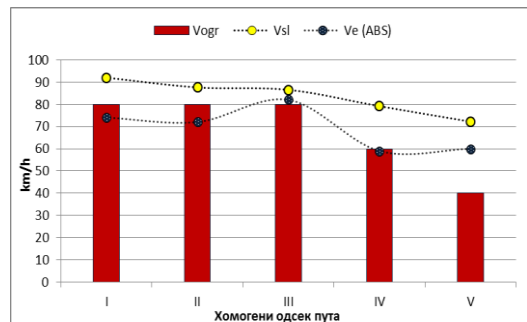


Слика 1: Локације анализираних одсека хомогених по карактеристикама пута; Извор: (Аутори)

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Детаљном анализом резултата добијених за слободне, ограничене и реалне експлоатационе брзине на предметним хомогеним одсечима путева, уочено је да се са повећањем разлике између слободне и ограничене брзине, јавља и већа разлика између слободне и реалне експлоатационе брзине добијене са АБС (Слика 2), а која за узрок нема функционалну зависност од величине меродавног протока. На изразито ванградским хомогеним одсечима I, II и III, на којима важе општа ограничења брзине за ову категорију пута (80 km/h), и на којима је разлика између слободне и ограничене брзине евидентно мала, вредности реалних експлоатационих брзина тока су приближне вредностима ограничења. Међутим, на хомогеном одсеку V, на којем је разлика између слободне и ограничене брзине значајна (32 km/h), јавља се велико одступање реалне експлоатационе брзине од ограничене, односно долази до пада кредибилитета постављеног ограничења брзине. Истраживањем је утврђено да је проценат прекорачења на овом одсеку 90 % (Табела 1), што указује на то да путни и саобраћајни услови који владају на овом хомогеном одсеку пута,

дозвољавају возачима да се крећу већим брзинама, што возачи и чине. Са друге стране, на хомогеном одсеку IV иако постоји значајна разлика између слободне и ограничене брзине, вредности реалних и ограничених брзина су, такође, приближне. Утврђено је да на предметном хомогеном одсеку услови у саобраћајном току, висок просечан годишњи дневни саобраћај, већи проценат комерцијалних возила у току (19 %), мали проценат дозвољеног претицања, намена локалног земљишта и мала удаљеност између две кружне раскрснице које опслужују токове већег интензитета диктирају брзине које су у складу са постављеним ограничењем, иако сами пројектни елементи пута омогућавају кретање већим брзинама. Резултати ових анализа приказани су и у Табели 2.



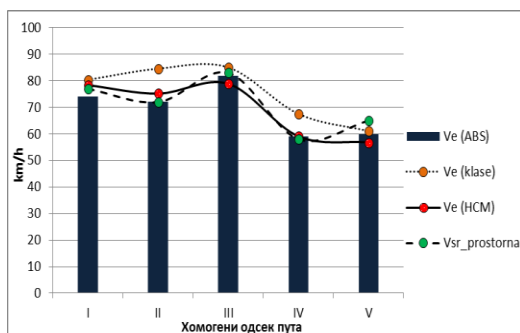
Слика 2: Анализа односа слободних, ограничених и реалних експлоатационих брзина

Табела 1: Процент прекорачења у функцији разлике слободне и ограничене брзине

Одсек / деоница пута	$PGDS_{2015}$ (voz/dan)	$q_{m200}$ (voz/h)	$V_{sl}$ (km/h)	$V_{ogr}$ (km/h)	$\Delta(V_{sl} - V_{ogr})$ (km/h)	% прекорач.
I Рума (Возањ) - Рума (веза са АЗ)	<b>8.844</b>	744	92	80	<b>12</b>	<b>32</b>
II Прељина - Мрчајевци	<b>11.366</b>	945	88	80	<b>8</b>	<b>23</b>
III Мрчајевци - Краљево	<b>5.759</b>	471	86	80	<b>6</b>	<b>49</b>
IV Чачак - Прељина	<b>16.464</b>	1.355	79	60	<b>19</b>	<b>44</b>
V Иришки Венац - Ириг	<b>8.612</b>	715	72	40	<b>32</b>	<b>90</b>

Табела 2: Реалне експлоатационе, средње просторне и ограничене брзине по одсецима

Одсек / деоница пута	$V_{real}(ABS)$ (km/h)	$V_{sr\_prostorna}$ (km/h)	$V_{ogr}$ (km/h)
I Рума (Вогањ) - Рума (веза са А3)	74	77	80
II Прељина - Мрчајевци	72	72	80
III Мрчајевци - Краљево	82	83	80
IV Чачак - Прељина	59	58	60
V Иришки Венац - Ириг	60	65	40



Слика 3. Анализа подобности линеарног модела по класама протока и HCM модела

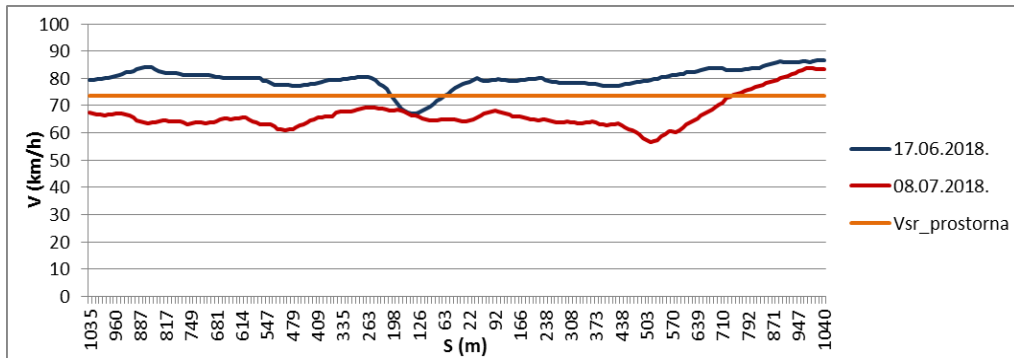
У раду је, такође, извршена и упоредна анализа реалних експлоатационих брзина са АБС-а, средњих просторних брзина добијених истраживањем и резултата два модела анализе експлоатационих брзина (домаћег линеарног модела по класама протока и модела по поступку из HCM-а). Резултати указују да је HCM модел експлоатационих брзина подобнији за примену у локалним условима, односно да даје вредности експлоатационих брзина које су доста блиске вредностима реалних експлоатационих брзина добијених са АБС и средњих просторних брзина добијених истраживањем, што је и графички приказано на Слици 5. Са друге стране, домаћи модел показује значајније одступање, и иако кроз анализу слободних брзина и брзине при капацитету укључује више редукционих фактора, односно карактеристика пута,

резултира већим брзинама него HCM модел. Такође, утврђено је да вредности реалних експлоатационих брзина у току измерене на пресецима, односно на микролокацијама АБС-а, репрезентују средње просторне брзине на предметним хомогеним одсецима пута.

### 3.1. Анализа реалних брзина возила у току

У наставку су графички приказани и дискутовани најзначајнији резултати који су добијени мерењем брзина на терену.

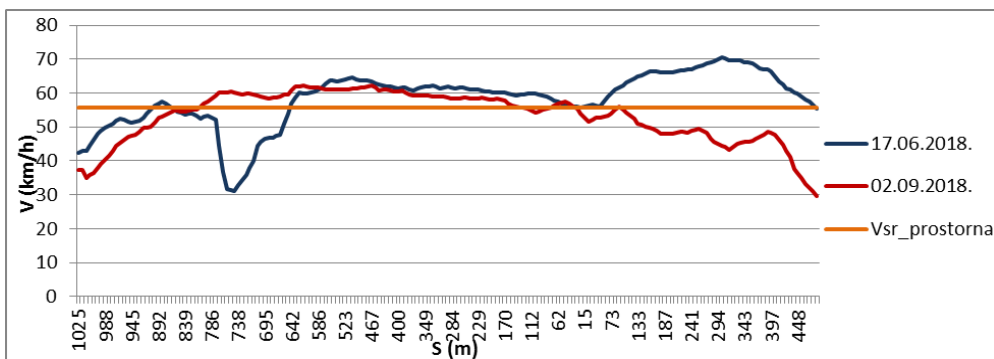
Истраживања спроведена на хомогеном одсеку (II), у смеру Мрчајевци – Прељина, у недељу 17.06.2018. и 08.07.2018, резултирала су различитим профилима брзине, а главни разлог за то су преовлађујући метеоролошки услови (Слика 4). У случају 17.06.2018., истраживање је спроведено под повољним временским приликама, у стабилном саобраћајном току који тежи ка слободном. Са друге стране, 07.08.2018. неповољни временски услови (киша) и кретање у колони резултирали су нижим вредностима брзина. Дуж целог хомогеног одсека важи опште ограничење брзине од 80 km/h, а израчуната средња просторна брзина на основу ова два мерења износи 74 km/h.



Слика 4. Профил брзине за смер Мрчајеви – Прељина по данима истраживања (недеља 17.06.2018. у 09:29h и недеља 08.07.2018. у 12:45h)

На Слици 5, приказани су резултати мерења брзина на хомогеном одсеку (IV), у смеру Чачак – Прељина. Предметна деоница, односно хомогени одсек пута, лоцирана је између две кружне раскрснице које опслужују токове већег интензитета, у укупној дужини од 1,5 km. Због наведеног, брзине су значајно ниже и на почетку и на крају дијаграма. Профили брзине за овај смер, међусобно се разликују у десном делу дијаграма, док су на дужини пре АБС-а, брзине углавном уједначене. С обзиром на то да је истраживање спроведено у недељу, треба напоменути да је за овај дан у недељи карактеристична повећана

концентрација туристичких кретања са мешањем доминантних локалних кретања у посматраном смеру, будући да сам путни правац представља директну везу Црне Горе и југозападног дела Србије са Београдом. Достигнути ПГДС од преко 16.000 (воз/дан) са изразитим временским неравномерностима за последицу има значајне вредности вршних протока, а општи услови у току су на граници између стабилних и засићених. Ионако ниску експлоатациону брзину додатно обарају турбуленције које изазивају многи прикључци на пут, као последица одсуства контроле приступа.



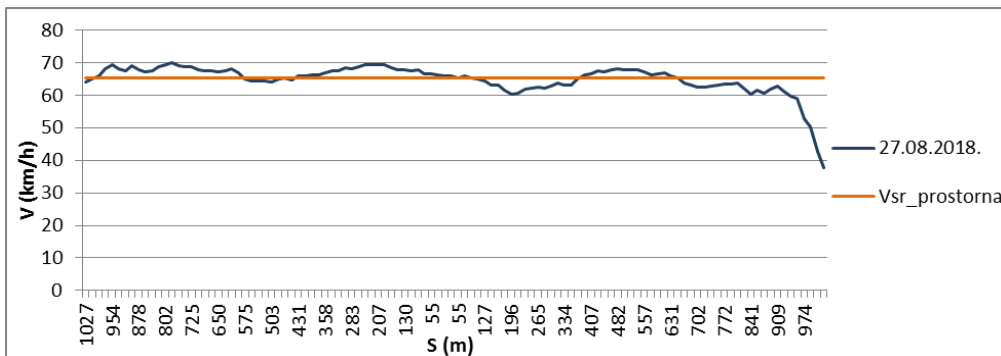
Слика 5. Профил брзине за смер Чачак – Прељина (недеља 17.06.2018. у 12:29h и недеља 02.09.2018. у 11:28h)

Хомогени одсек (V) карактерише просечан годишњи дневни саобраћај од

око 8.600 воз/дан (податак из 2016. год.) и део је пута који представља главну

везу Новог Сада и Руме. Резултати истраживања у смеру Ириг – Иришки Венац (Слика 6) показују да су брзине целом дужином одсека уједначене и без значајних осцилација, са средњом просторном брзином од 65 km/h. Међутим, брзина је на целој дужини

одсека ограничена на 40 km/h. У првој фази истраживања, утврђено је да се на предметном хомогеном одсеку јавља значајно велики проценат прекорачења ограничења брзине (90 %), који прати и велика разлика између слободне и ограничене брзине.



Слика 6. Профил брзине за смер Ириг – Иришки Венац (понедељак 27.08.2018. у 11:58h)

У раду је извршена и детаљна анализа стандардног одступања, а резултати су поређени по одсецима, смеровима и данима када је вршено истраживање. Резултати анализе дисперзије брзина по одсецима (Табела 3) показују да постоји директна зависност величине стандардног одступања и ПГДС-а, односно да се са повећањем ПГДС-а јавља и већа дисперзија брзина. Овај налаз, супротан је очекиваном и логичном, будући да би већа вредност ПГДС-а, требало за последицу да има мању дисперзију брзина, услед очекиваног међусобног утицаја возила у току који је стабилан, или стабилан који тежи засићеном. Претпоставка је да се већа дисперзија код одсека са већим саобраћајним оптерећењем, а самим тим и већом густином, вероватно јавља као последица претицања, будући да се убацивањем возила у неку колону веће густине лакше стварају таласи, односно

долази до поремећаја саобраћајног тока. Наравно, реч је о малом узорку, па би за неку потпунију анализу била неопходна даља истраживања на већем узорку. Такође, већа разлика између слободне и ограничене брзине исто за резултат има већу дисперзију брзина, осим у случају хомогеног одсека (V) на деоници Иришки Венац – Ириг. Анализа добијених резултата указује да на овом хомогеном одсеку постоји проблем кредибилитета постављеног ограничења, будући да путни и саобраћајни услови, као и понашање возача указују на то да је постављено ограничење брзине прениско. Стандардно одступање је на овом одсеку мало, односно возачи су прилично усаглашени око брзине. На хомогеним одсецима (III и V), утврђено је најмање стандардно одступање брзина од средње вредности, али истовремено и већи проценти прекорачења.



Табела 3. Дисперзија брзина по хомогеним одсецима

Одсек / деоница пута	$\sigma$	PGDS <sub>2015</sub> (voz/dan)	$\Delta(V_{sl} - V_{ogr})$ (km/h)	$V_{ogr}$ (km/h)	$V_{real}(ABS)$ (km/h)	$V_{sr\_prost}$ (km/h)	% прекор
I Рума (Вогањ) - Рума (веза са АЗ)	6.762266	8.844	12	80	74	77	32
II Прељина - Мрчајевци	8.439134	11.366	8	80	72	72	23
III Мрчајевци - Краљево	3.443362	5.759	6	80	82	83	49
IV Чачак - Прељина	9.955070	16.464	19	60	59	58	44
V Иришки Венац - Ириг	4.617543	8.612	32	40	60	65	90

### 3.2. Дискусија

Кређибилно (подобно) ограничење брзине се дефинише као ограничење брзине које је у складу са перцепцијом возача условљеном путним и саобраћајним условима. У случају одабраних хомогених одсека пута, на три изразито ванградска одсека са повољним елементима профила (I, II и III), на којима важе општа ограничења брзине за ову категорију пута (80 km/h), и на којима је разлика између слободне и ограничене брзине мала, вредности реалних експлоатационих брзина са аутоматских бројача саобраћаја и средњих просторних брзина утврђених истраживањем су биле приближне вредностима ограничења. Са друге стране, на хомогеном одсеку (IV) на којем је разлика између слободне и ограничене брзине значајна, вредности реалних, средњих просторних и ограничених брзина су, такође, биле приближе. Утврђено је да на предметном хомогеном одсеку услови у саобраћајном току, висок просечан годишњи дневни саобраћај, већи проценат комерцијалних возила у току (19 %), мали проценат дозвољеног претицања, намена локалног земљишта и мала удаљеност између две кружне

раскрснице које опслужују токове већег интензитета диктирају брзине које су у складу са постављеним ограничењем, иако сами пројектни елементи пута омогућавају кретање већим брзинама. Проблем настаје на хомогеном одсеку (V), на којем се јавља значајно велики проценат прекорачења ограничења брзине (90%), који прати и велика разлика између слободне и ограничене брзине. Резултати истраживања су показали да су брзине целом дужином одсека уједначене и без значајних осцилација, са средњом просторном брзином од 65 km/h и малом дисперзијом брзина, иако је ограничење брзине 40 km/h. Ови резултати указују на то да путни и саобраћајни услови који владају на овом хомогеном одсеку пута, дозвољавају возачима да се крећу већим брзинама, што возачи и чине. Због свега наведеног, требало би преиспитати улогу постављеног ограничења брзине на овом одсеку. Такође, временске прилике биле су значајан фактор који је имао утицај на профил брзине на одсеку, током истраживања. У случају када су временске прилике биле неповољне (киша), разлика у средњој просторној

брзини у односу на повољне временске услове, била је 13 km/h.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Као реперезенте за истраживања на мрежи државних путева IB реда, одабрано је пет деоница са инсталираним аутоматским бројачима саобраћаја, а зоне истраживања сведене су на одсеке хомогених карактеристика пута, у дужинама од по километар испред и иза аутоматских бројача саобраћаја. У раду је извршена детаљна анализа слободних, реалних експлоатационих, средњих просторних и ограничених брзина, као и експлоатационих брзина утврђених на основу два актуелна модела (са унапређењем модела - брзине су добијене на основу класа часовних протока). Такође, у раду је на основу теренских истраживања спроведена и детаљна анализа профила брзине на предметним хомогеним одсецима по смеровима кретања и данима истраживања.

Евидентно је да експлоатациона брзина на двотрачним путевима зависи од бројних фактора. Поред карактеристика попречног и подужног профила, стања коловоза, броја приступа, карактеристика возила и величине и структуре саобраћајног тока, значајни фактори који су имали утицај су и метеоролошки услови, као и карактеристике возача и њихова перцепција безбедне брзине. На већини предметних хомогених одсека, регистрована је велика усаглашеност свих анализираних брзина, што указује на то да се ради о одсецима на којима геометријски изглед пута и околина пута одговарају планираној категорији пута. Будући да постоје услови који резултују експлоатационим брзинама које су у складу са очекивањима возача и које су сразмерне функцији пута, може се рећи

да је реч о хомогеним одсецима високе конзистентности пута.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Forbes, G., Gardner, T., McGee, H., and Srinivasan, R. (2012). Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report. FHWA Safety Program. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [2] Wilmot, C. G., & Khanal, M. (1999). Effect of speed limits on speed and safety: A review. *Transport Reviews*, 19(4), 315–329.
- [3] European Road Safety Observatory (2015). Speed and Speed Management. (on-line) Available at: [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/ersosynthesis2015-speedspeedmanagement25\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/ersosynthesis2015-speedspeedmanagement25_en.pdf) (7.9.2017)
- [4] Parker, M., Sung, H., and Dereniewski, L. (2003). Review and Analysis of Posted Speed Limits and Speed Limit Setting Practices in British Columbia. British Columbia Ministry of Transportation, Victoria, B.C.
- [5] Goldenbeld, C., & van Schagen, I. (2007). The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1121–1130.
- [6] Lee, Y. M., Chong, S. Y., Goonting, K., & Sheppard, E. (2017). The effect of speed limit credibility on drivers' speed choice. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 45, 43-53.
- [7] Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M., Wooldridge, M., and Miaou, S. (2003). Design speed, operating speed and posted speed practices. National Cooperative Highway Research Program Report 504. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- [8] Ng, J. C., and Sayed, T. (2004). Effect of geometric design consistency on road safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 31(2), 218-227.

- [9] Fitzpatrick, K., and Collins, J.M. (2000). Speed-profile model for two-lane rural highways. Transportation Research Record 1737, National Research Council, Washington, D.C. pp. 42–49.
- [10] Jiang, Z., Jadaan, K., and Ouyang, Y. (2016). Speed Harmonization – Design Speed vs. Operating Speed. Research Report No. FHWA-ICT-16-019. Urbana: Illinois Center for Transportation ICT.

## SUMMARY

### TWO-LANE RURAL HIGHWAY SPEED ANALYSIS IN REPUBLIC OF SERBIA

**Abstract:** *An important factor in the socio - economic development of a country is developed, efficient and safe road network, and in order to achieve that, one of the steps is the speed management on road network. Speed limits are an important tool in harmonizing and balancing traffic efficiency and safety, as well as harmonizing the conditions in the traffic flow. The role of speed limit is violated, when there are speed limits on the road network that are not in the function of safe speed and which do not reflect the function of the road and traffic conditions. A modified moving observer method, and android application were used to examine the actual vehicle speeds and speed dispersions in a traffic flow during the design peak load on six sections of IB state roads. Empirical research has determined the values of speed limits at the selected locations, and furthermore, using analytical models and methods, the paper has determined free-flow speeds of vehicles, operational speed of the flow and real operating speeds of the vehicles from automatic counters. In addition, a thorough analysis of over-speeding on the locations of the installed automatic counters and the analysis of technical and operational characteristics of the observed sections, were conducted. Based on the research results, the causes and consequences of the problem were identified, and general recommendations and guidelines for defining the concept of speed management in local conditions were given.*

**Key words:** *speed management, two-lane rural highway, speed limit, speed limit credibility*

# УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПРОГНОЗИРАНИХ И ДОСТИГНУТИХ САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА НА ПОТЕЗУ ДРЖАВНОГ ПУТА ИБ-23 ОД ПОЈАТА ДО ПРЕЉИНЕ

Мирослав Јовановић, Саобраћајни факултет, Београд, [mishko94ks@gmail.com](mailto:mishko94ks@gmail.com)

**Резиме:** Досадашње саобраћајне прогнозе показале су да постоје значајна одступања између реално остварених и прогнозираних вредности саобраћајних захтева. Како би у будућим студијама и пројектима ова одступања била сведена на минимум неопходно је утврдити узрок и величину тих одступања. Узроци у одступањима су најчешће приликом дефинисања очекиваних стопа раста саобраћаја, након сагледавања становништва са економског и социјалног аспекта. Потез државног пута ИБ-23 од Појата до Прељине (Моравски коридор) представља најзначајнију попречну везу два најзначајнија путна правца кроз Републику Србију, коридорима X и XI. Због проблема у саобраћају у постојећем стању, пре свега ниског нивоа безбедности саобраћаја, појаве уских грла и ниским брзинама на пролазима кроз насељена места, приступило се изради пројекта за аутопут Е-761 од Појата од Прељине. Током 2008. године, урађена је Претходна Студија оправданости.

Циљ овог рада је упоредна анализа реално достигнутих и остварених прогнозираних саобраћајних токова (из Студије) на посматраном потезу у постојећем стању, ради сагледавања међусобних одступања услед неочекиваних дешавања у земљи и региону, као и нова прогноза токова у односу на базну 2015. годину сагледавањем реалне ситуације у земљи и региону. На крају рада су дате препоруке како би се у будућности ова одступања минимизирала.

**Кључне речи:** Претходна студија оправданости, саобраћајна прогноза, ПГДС

## 1. УВОД

Досадашње саобраћајне прогнозе су показале да постоје значајна одступања између реално остварених и прогнозираних вредности саобраћајних захтева. Како би у будућим истраживањима ова одступања била сведена на минимум неопходно је утврдити узрок и величину тих одступања. Узроци у одступањима између очекиваног и реалног обима саобраћаја су најчешће приликом дефинисања очекиваних стопа раста саобраћаја, након сагледавања становништва са економског и социјалног аспекта.

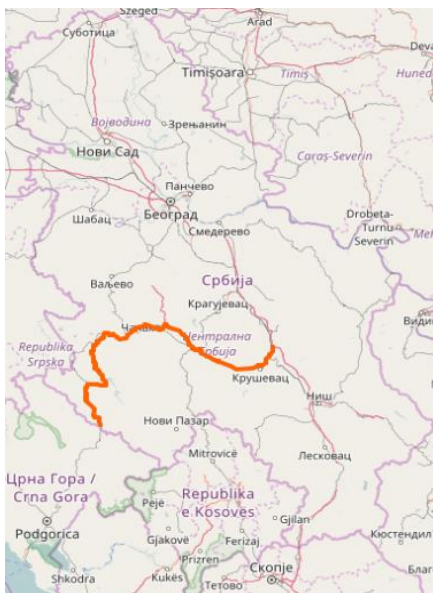
Циљ овог рада је упоредна анализа достигнутих (реално остварених) и прогнозираних саобраћајних токова (из Студије) ради сагледавања међусобних одступања услед неочекиваних дешавања у земљи и региону, као и нова прогноза токова у односу на базну 2015. годину сагледавањем реалне економске, политичке, друштвене и привредне ситуације у земљи и региону.

## 2. ПОЛОЖАЈ И ЗНАЧАЈ ДРЖАВНОГ ПУТА ИБ-23

Државни пут ИБ-23 повезује Појате (коридор X), преко граничног прелаза Гостун, са Црном Гором. Укупна дужина

посматраног државног пута износи 269,4 км. Траса посматраног државног пута обухвата: Појате – Крушевац – Краљево – Прељина – Чачак – Пожега – Ужице – Чајетина – Нова Варош – Пријепоље – државна граница са Црном Гором (гранични прелаз Гостун). Овај пут је некада носио ознаку М-5 и поклапа се са правцем европског пута Е-761. Посматрани државни пут је повезан, преко деоница Краљево – Мрчајевци и Мрчајевци – Прељина, са државним путем ИБ-22 (Ибарска магистрала, Орловача – Мехов Крш). [1]

На слици 1. је приказана траса државног пута ИБ-23, од Појата до границе са Црном Гором.



Слика 1: Траса државног пута ИБ-234

Потез државног пута ИБ-23 од Појата до Прељине (Моравски коридор) представља најзначајнију попречну везу два најзначајнија путна правца кроз Републику Србију, коридорима X и XI. Прозлазећи правцем исток-запад повезује

<sup>4</sup>Извор:[https://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%94%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8\\_%D0%BF%D1%83%D1%82\\_23#/media/File:State\\_Road\\_23\\_map.png](https://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%94%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8_%D0%BF%D1%83%D1%82_23#/media/File:State_Road_23_map.png)

главна саобраћајна тежишта у региону и омогућава доступност општинским центрима као што су Ћићевац, Сталаћ, Крушевац, Трстеник, Врњачку Бању, Краљево и Чачак. Такође, повезује привредне зоне и бројне туристичке дестинације. [2]

На слици 2. је приказан положај државног пута ИБ-23 на делу од Појата до Прељине (Моравски коридор).



Слика 2: Државни пут ИБ-23 на делу од Појата до Прељине (Моравски коридор) у односу на коридоре 10 и 11

### 3. ПРИКАЗ ОСНОВНИХ РЕЗУЛТАТА ИЗ ПРЕТХОДНЕ СТУДИЈЕ ОПРАВДАНОСТИ НА ПОТЕЗУ ПОЈАТЕ - ПРЕЉИНА [3]

Претходна Студија оправданости је рађена 2008. године. Основ за прогнозу саобраћајних токова за иницијални планерски период Студије, од 30 година, су подаци о достигнућим саобраћајним токовима за временски период од 2000. до 2007. године. Анализа достигнућих саобраћајних токова је извршена на основу Публикација о бројању саобраћаја од 2000. до 2007. године, које су преу-

зете од Јавног Предузећа „Путеви Србије“.

Као базна година у Студији узета је 2004. година и на основу ове године је вршена прогноза саобраћајних токова.

Подаци о величини достигнутог саобраћаја у 2004. години, као и о структури саобраћајног тока, по деоницама, приказани су у табели 1.

Табела 1: Величина и структура саобраћајних токова у базној 2004. години

Ознак деонице	Саобраћајна деоница	ПА	БУС	ЛТ	СТ	ТТ	АВ	ПГДС (воз/дан)
0242	Прељина-Мрчајевци	6430	96	88	440	688	611	8353
0243	Мрчајевци-Краљево	5248	86	78	331	470	511	6700
0111	Краљево-Краљево 1			нема података градска деоница				
1511	Краљево 1-Рибница			нема података градска деоница				
0112	Рибница-Берановац			нема података градска деоница				
0113	Берановац-Ново Село	7942	82	92	322	433	475	9346
0114	Ново Село-Врњци	7565	80	88	324	438	472	8964
0115	Врњци-Чаури	6452	80	86	327	442	468	7855
0116	Чаури-Стопања	6544	80	88	336	448	472	7968
0117	Стопања-поч.обил.Крушевца	6570	82	94	354	456	490	8046
0118	поч.обил.Крушевца-крај обил. Крушевца	2858	36	41	154	198	213	3500
0119	крај обил. Крушевца-Ћићевац	2745			662		314	3721
0120	Ћићевац-Појате	3431			828		393	4652

На основу свега претходно наведеног, извршена је прогноза будућих саобраћајних токова за временски период од 30 година, период који је дефинисан у Студији. Прогноза саобраћаја је извршена на бази процењених годишњих стопа раста по основним врстама возила. Приликом процене годишњих стопа коришћени су следећи извори:

- „Студија инфраструктуре ре-гиона Балкан“, са фокусом на развој мултимодалне основе саобраћаја на мрежи региона

- ЈП „Путеви Србије“, односно стопе које су коришћене при-ликом израде пројекта реха-билитације коловоза на пут-ној мрежи Републике Србије након 2000. године
- „Мастер план Републике Србије“ за временски период од 1997. до 2015. године.

У табели 2 су приказане просечне годишње стопе раста по временским периодима од 2004. (базна година) до 2035. године.



Табела 2: Просечне годишње стопе раста саобраћајних токова по категоријама возила

Временски период	Просечне годишње стопе раста $r$ (%)					
	ПА	БУС	ЛТ	СТ	ТТ	АВ
2004-2005	6,00	3,60	3,60	4,80	5,40	7,20
2005-2010	5,40	3,60	3,40	4,20	4,60	5,20
2010-2015	4,60	3,40	3,30	4,00	4,20	4,20
2015-2020	4,10	3,40	3,30	3,70	4,10	3,60
2020-2025	3,60	3,10	3,10	3,50	4,10	3,40
2025-2030	3,36	3,10	3,10	3,50	4,10	3,40
2030-2035	3,24	3,10	3,10	3,50	4,10	3,40

#### 4. АНАЛИЗА ДОСТИГНУТИХ САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА НА ПОТЕЗУ ОД ПОЈАТА ДО ПРЕЉИНЕ

У Претходној Студији оправданости извршена је анализа достигнутих саобраћајних токова од 2000. до 2007. године, док је 2004. година узета као базна година за прогнозу саобраћајних токова до 2035. године. Како би се спровела упоредна анализа и испитао проценат тачности прогнозираних саобраћајних токова, неопходно је спровести и анализу достигнутих саобраћајних токова на предметном потезу. Такође, резултати анализе достигнутих саобраћајних токова представљају улазне податке за нову прогнозу саобраћаја која ће се поредити са прогнозом из Студије за двадесетогодишњи период експлоатације од 2016. до 2035. године, а која ће бити приказана касније у раду.

На основу података добијених са сајта предузећа „Путеви Србије“, извршена је анализа достигнутих саобраћајних токова на посматраном потезу. У табели 3 и на графику 1 је приказана промена просечно оствареног ПГДС-а на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2004. до 2016. године.



График 1: Промена ПГДС-а на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2004. до 2016. године

Табела 3: Промена просечног оствареног ПГДС-а на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2004. до 2016. године

Година	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ПГДС (воз/дан)	6955	7110	7485	8076	8071	7888	7102	6882	6606	6717	6487	6707	7024

Са графика 1 може се уочити да ПГДС има растући тренд до 2007. године, услед успостављања економске стабилности у земљи и региону. Благи пад у ПГДС-у 2008. године најављује почетак светске економске кризе, чије су се последице одразиле све до 2012. године, што показује и опадајући тренд у ПГДС-у. Након 2012. године наступио је период економског опоравка земље, па је и ПГДС у порасту до 2014. године, када је дошло до поновног пада у ПГДС-у, што указује да није дошло до значајнијих друштвених и економских побољшања у земљи. Од 2014. године успостављен је тренд раста у ПГДС-у као последица друштвеног и економског напретка у земљи.

## 5. УПОРЕДНА АНАЛИЗА ДОСТИГНУТОГ И ПРОГНОЗИРАНОГ ПГДС-А У СТУДИЈИ ДО 2016. ГОДИНЕ

Циљ упоређивања реално остварених и прогнозираних саобраћајних токова је да се утврди њихова процентуална разлика, односно да ли су просечне годишње стопе раста, које су коришћене у Студији, биле меродавне за прогнозу саобраћаја. Упоредна анализа омогућава уочавање одступања која ће бити коришћена за нову прогнозу саобраћајних токова за временски период од 2016. до 2035. године, и која ће као улазни податак користити реално стање саобраћаја у претходном периоду.

Резултати упоредне анализе ПГДС-а, за временски период од 2005. до 2016. године, приказани су у табели 4 и дат је графички приказ на графику 2. За анализу је коришћена пондерисана вредност ПГДС-а на предметном потезу. Битно је напоменути да је прогнозирани тренд раста саобраћајних токова описан линеарном функцијом, што се може видети на графику 2.

Табела 4: Разлика достигнутог и прогнозираног ПГДС-а на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2005. до 2016. године

Год.	Остварени ПГДС (воз/дан)	Прогнозирани ПГДС (воз/дан)	Δ (%)
2004	6955	6955	Базна год.
2005	7110	7297	-2,56
2006	7485	7656	-2,24
2007	8076	8032	0,55
2008	8071	8427	-4,23
2009	7888	8841	-10,77
2010	7102	9276	-23,44
2011	6882	9732	-29,28
2012	6606	10210	-35,29
2013	6717	10712	-37,29
2014	6487	11238	-42,28
2015	6707	11791	-43,12
2016	7024	12266	-42,73

Разлика прогнозираног и оствареног ПГДС-а на потезу Појате-Прељина

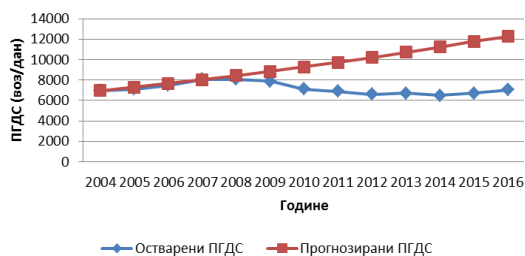


График 2: Упоредна анализа достигнутог и прогнозираног ПГДС-а на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2005. до 2016. године

На основу графика 2 може се уочити да је разлика између достигнутог и прогнозираног ПГДС-а на предметном потезу испод 3% до 2008. године. Разлог томе је успостављени тренд раста у БДП-у, а који је последица економског, трговинског, али и саобраћајног развоја у земљи. Од 2008. године, разлика се знатно повећава да би достигла чак

43,12% у 2015. години, док је 2016. године уочен незнатан пад процентуалне разлике достигнутог и прогнозираног ПГДС-а. Просечна вредност одступања за посматрани период је око 23%, односно 77% планираног ПГДС-а се реализовало у посматраном периоду. Студија је рађена 2008. године, у периоду када се очекивао убрзани економски и социјални развој земље и региона, а самим тим се очекивало и привлачење већег обима транспортних захтева. Битно је напоменути да су ефекти светске економске кризе највише допринели паду ПГДС-а, а која није била предвиђена актуелном прогнозом саобраћајних токова у студији. Посматрањем графика може се закључити и да остварени ПГДС, током последњих година анализираног периода, има растући тренд, што је последица економског опоравка земље.

## 6. АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА У ОДНОСУ НА ДОСТИГНУТЕ ТОКОВЕ У БАЗНОЈ 2015. ГОДИНИ

Резултати упоредне анализе достигнутих и прогнозираних саобраћајних токова показали су значајне разлике у вредностима ПГДС-а, односно да је остварени ПГДС значајно мањи од прогнозираног. Као последица светске економске кризе, пад тражње на европском

тржишту, које представља највеће извозно тржиште за Републику Србију, негативно се одразио на спољнотрговинску размену и привредни раст. Поред тога и пад вредности БДП-а, повећана стопа незапослености, успоравање привредних активности и остали економски показатељи највише су допринели до пада у транспортним захтевима, пре свега транзитних кретања. Такође, у време ове кризе у земљи је постојала и нестабилна политичка ситуација.

На основу свега претходно наведеног, неопходно је спровести нову прогнозу саобраћајних токова, на основу актуелних података о економском и социјалном стању земље. За базну годину је узета 2015. година и прогноза је извршена за временски период од 2016. до 2035. године како би се резултати ове прогнозе упоредили са резултатима прогнозе из Студије. У новој прогнози су коришћене стопе раста у односу на достигнути саобраћај у базној 2015. години. У табели 5 су приказане очекиване стопе раста које су коришћене у новој прогнози. Приказане стопе су ниже у односу на стопе које су коришћене у Студији, јер су прилагођене реалним и очекиваним условима у земљи, као резултат анализе достигнутих саобраћајних токова за временски период од 2004. до 2016. године.

Табела 5: Очекиване стопе раста саобраћајних токова у односу на базну 2015. годину

Временски период	Просечне годишње стопе раста $r$ (%)					
	ПА	БУС	ЛТ	СТ	ТТ	АВ
<b>2016-2025</b>	3,00	3,00	2,80	2,80	2,80	2,80
<b>2026-2035</b>	2,80	2,60	2,50	2,50	2,50	2,50

Резултати упоредне анализе ПГДС-а, добијеног новом прогнозом и добијеног прогнозом из Студије, приказани су у та-

бели 6, док је графички приказ дат на графику 3. У анализи је коришћена пон-

дерисана вредност ПГДС-а на целом потезу од Појата до Прељине.

Табела 6: Разлика ПГДС-а добијеног новом прогнозом и прогнозом из Студије на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2016. до 2035. године

Год.	ПГДС-нова прогноза	ПГДС-Студија	Δ (%)
<b>2015 - базна год.</b>	6707	11791	-43,12
<b>2016</b>	6802	12266	-44,54
<b>2017</b>	7004	12649	-44,63
<b>2018</b>	7213	13045	-44,71
<b>2019</b>	7427	13453	-44,79
<b>2020</b>	7648	13873	-44,87
<b>2021</b>	7875	14307	-44,96
<b>2022</b>	8109	14754	-45,04
<b>2023</b>	8351	15216	-45,12
<b>2024</b>	8599	15692	-45,20
<b>2025</b>	8854	16182	-45,28
<b>2026</b>	9099	16688	-45,48
<b>2027</b>	9349	17210	-45,68
<b>2028</b>	9607	17749	-45,87
<b>2029</b>	9872	18304	-46,06
<b>2030</b>	10144	18876	-46,26
<b>2031</b>	10424	19467	-46,45
<b>2032</b>	10711	20076	-46,64
<b>2033</b>	11007	20704	-46,84
<b>2034</b>	11310	21351	-47,03
<b>2035</b>	11622	22019	-47,22

Прогноза пораста ПГДС-а на потезу Појате-Прељина

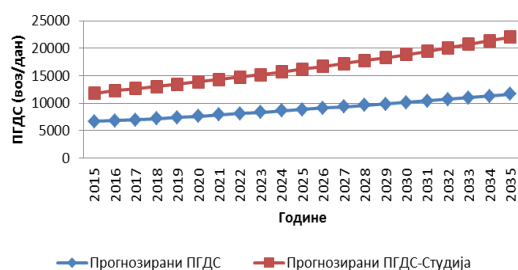


График 3: Упоредна анализа резултата нове прогнозе и прогнозе из Студије на целом потезу од Појата до Прељине за временски период од 2016. до 2035. године

На основу табеле 6 и графика 3 може се закључити да постоји значајна разлика између достигнутог и Студијом прогнозираног ПГДС-а у 2015. години (43,12%). Ако се узму у обзир и ниже стопе које су коришћене за нову прогнозу, а које су прилагођене актуелној ситуацији у земљи, приказана одступања су очекивана. Одступања се крећу од 43,12% у базној 2015. години до 47,22% у циљној 2035. години.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Анализа саобраћајних прогноза је веома осетљива и представља један од критеријума у оквиру анализе оправданости изградње или реконструкције неког саобраћајног пројекта. У раду је извршена упоредна анализа између достигнутих и Студијом прогнозираних саобраћајних токова за временски период од 2004. до 2016. године, као и упоредна анализа између прогнозираних саобраћајних токова на основу актуелне вредности достигнутог саобраћаја у 2015. години и Студијом прогнозираних саобраћајних токова за временски период од 2016. до 2035. године.

Резултати упоредне анализе на основу базне 2004. године су показали да постоје значајна одступања између реално оствареног саобраћаја и Студијом прогнозираног саобраћаја. Главни разлог била је светска економска криза 2008. године, која није била предвиђена приликом дефинисања стопа раста ПГДС-а у Претходној Студији оправданости. Као последица тога дошло је до велике процентуалне разлике између анализираних величина од чак 43% у 2015. години. Одступања током посматраног периода варирају од 0,55% до 43,12%, са просечном вредношћу од око 23% што значи да се просечно реализовало око 77% планираног ПГДС-а.

Резултати упоредне анализе су показали да постоји велика процентуална разлика између оствареног и Студијом прогнозираног ПГДС-а у 2015. години, а која је коришћена као базна година у упоредној анализи за временски период од 2016. до 2035. године. Резултати су показали да се та процентуална разлика постепено повећава како се приближавамо циљној 2035. години. Одступања се крећу од 44,54% у првој до 47,22% у циљној години. Разлог у повећању одступања током посматраног периода су ниже очекиване стопе раста ПГДС-а у односу на стопе које су коришћене у Претходној Студији оправданости.

Како би у будућности минимизирали ова одступања, односно како би преци-

зније дефинисали стопе раста ПГДС-а и прогнозирали саобраћај за неки наредни период, потребно је наставити са детаљним упоредним анализама пројеката саобраћајне инфраструктуре.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] [https://ipfs.io/ipfs/QmXoypizjW3WknFjInKLwHCnL72vedxiQkDDP1mXWo6uco/wiki/IB-23\\_highway\\_\(Serbia\).html](https://ipfs.io/ipfs/QmXoypizjW3WknFjInKLwHCnL72vedxiQkDDP1mXWo6uco/wiki/IB-23_highway_(Serbia).html), (датум приступа: 02.06.2018)
- [2] <http://www.koridor10.rs/sr/pojate-preljina>, (датум приступа: 02.06.2018)
- [3] Кузовић, Љубиша. 2008. Претходна Студија оправданости изградње аутопута Е-761, потез: Појате – Прељина. Београд: Саобраћајни факултет.

#### SUMMARY

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FORECASTS AND ACHIEVED TRAFFIC FLOWS ON THE SECTION OF IB CLASS STATE HIGHWAY NO. 23 FROM POJATE TO PRELJINA

**Abstract:** *Previous traffic forecasts have shown that there are significant deviations from realistically achieved and forecasts values of traffic demands. To keep the deviations in future studies and projects down to a minimum it's necessary to determine the cause and volume of said deviations. Causes of deviations are most common in defining the anticipated growth rates of traffic, after performing an overview of the population from an economic and social point of view. Section of IB class state highway section no. 23 from Pojata to Preljina presents the most important transversal link of the two most important travel directions trough the Republic of Serbia, corridors X and XI. Due to problems in the current state of traffic, most importantly the low level of traffic safety, bottleneck occurances and low speed sections through inhabited areas, there has been an initiative to develop a project for the highway E-761 from Pojata to Preljina. During 2008, a Previous Feasibility Study has been done.*

*The goal of this paper is the comparative analysis of the realistically reached and achieved forecasts traffic flows (from the Study) at the observed road section in it's current state, to perform an overview of the mutual deviations due to unexpected happenings in the country and region, as well as a new traffic flow forecast in regards of the base year of 2015 by performing and overviewing of the real situation in the country and region. At the end of the paper recommendations are given to minimize these deviations in the future.*

**Keywords:** *Previous Feasibility Study, traffic forecast, AADT*

## VOŽNJA U SLEĐENJU KAO POKAZATELJ PERFORMANSI DVOTRAČNIH PUTEVA

**Radivoje Trifunović**, *Saobraćajni fakultet, Beograd, radivojetrifunovic93@gmail.com*

**Rezime:** *Procenat vremena proveden u sleđenju – PTSF (Percent Time Spent Following) primenjenog u HCM-u predstavlja ključni pokazatelj za procenu nivoa usluge na dvotračnim putevima. Na osnovu razvoja i revizija metodologije utvrđivanja PTSF-a, te terenskih istraživanja, utvrđeno je da ovaj pokazatelj nije u skladu sa realnim stanjem i da se vrednost PTSF-a često precenjuje. Zbog toga je razvijen određeni broj alternativnih, odnosno dopunskih metodologija za predmetni pokazatelj. U ovom radu je prikazan kratki pregled metodologija koje se odnose na vožnju u zastoju. Očekuje se da će ovaj pregled i preporuke doprineti unapređenju analize performansi dvotračnih puteva.*

**Ključne reči:** *nivo usluge, sleđenje, PTSF, fuzzy*

### 1. UVOD

Prema HCM-u (Highway Capacity Manual) iz 1950, eksploataciona brzina bila je ključni pokazatelj performansi prilikom proračuna praktičnog kapaciteta, na osnovu koga se računao nivo usluge na dvotračnim putevima. Razlog za ovakav pristup je taj što su inženjeri želeli da poboljšaju iskustva korisnika puteva, a nisu bili zainteresovani za maksimalne performanse samog sistema.

HCM 1965 uvodi ideju praktičnog kapaciteta u dobro poznati koncept nivoa usluge. Šest nivoa usluge je definisano tada, a taj koncept je i danas u upotrebi. Nivo usluge bio je iskazan na osnovu dva pokazatelja performansi: eksploatacione brzine (osnovni pokazatelj performansi) i odnosa protoka i kapaciteta (dopunski pokazatelj performansi). [1]

Pri razvijanju trećeg izdanja HCM-a, prosečna brzina putovanja (ATS – Average Travel Speed) je smatrana manje bitnim pokazateljem u odnosu na odnos zahteva za preticanjem i mogućnošću preticanja. Dodatno, uprkos prethodnoj premisi, dokazano je da je prosečna brzina manje osetljiva na protok. Pored ATS, HCM 1985

uvodi novi pokazatelj performansi, procenat vremenskih zastoja (PTD – Percent Time Delay), na dvotračnim putevima. Procenat vremenskih zastoja (PTD) je definisan kao “prosečan procenat vremena u kome su vozila u kašnjenju (zastoju) dok se kreću u plotunima usled nemogućnosti preticanja”. [2]

HCM 2000 definiše bolje opisan pojam, Procenat vremena proveden u sleđenju – PTSF (Percent Time Spent Following), koji bolje objašnjava efekat plotuna i nedostatak mogućnosti za preticanje na dvotračnim putevima. PTSF je pojam koji je definisan kao “prosečan procenat vremena putovanja koji vozila moraju putovati u plotunima zbog nemogućnosti preticanja”. Za proračun PTSF-a, HCM 2000 predlaže alternativno terensko merenje procenta vozila u toku koja se kreću u intervalima sleđenja manjim od 3 sekunde. Za ravan i zatalasan teren, metod analize je proširen pomoću dvosmerne segmentne metodologije, dok je za specifične uspone i padove to bila metoda usmerenog segmenta datog u HCM-u. [3]

U HCM 2010, takođe je predstavljena procedura usmerene segmentne metodologije za ravne i zatalasane terene. Na bazi



širokog spektra funkcija koje imaju, dvotračni putevi su klasifikovani u tri kategorije: klasa I, klasa II i klasa III. [4] Prve dve klase, slično kao i u prethodnom, opisuju vangradske dvotračne puteve, dok klasa III definiše deonice vangradskih puteva koje prolaze kroz područja razvijena uz samu saobraćajnicu (mali gradovi ili rekreaciona područja). Konceptije ATS i PTSF su usvojene neizmenjene, osim što je predstavljen novi pokazatelj, procenat brzine slobodnog toka (PFFS – Percent of Free Flow Speed), za koji je ustanovljeno da je pogodan za puteve III klase, gde ograničenost preticanja nije glavni problem, već se očekuje kretanje vozila stabilnim brzinama na ili blizu ograničenja brzine. Vrednosti praga PTSF i ATS odgovaraju prethodnom izdanju, ali su faktori prilagođavanja za izvođenje ovih mera adekvatno izmenjeni.

## 2. PREGLED ISTRAŽIVANJA

Određeni broj istraživača je pratio tradiciju HCM-a; istraživači (De Arazosa i McLeod, 1993; Brilon et al., 1994) sugerisali su upotrebu prosečne brzine putovanja (ATS) kao pokazatelja u određivanju nivoa usluge. U razvijenim područjima SAD, De Arazosa i McLeod (1993) predlagali su prosečnu brzinu putovanja kao glavni kriterijum nivoa usluge za neometane saobraćajne tokove. Brilon et al. (1994) je opisao da se određivanje nivoa usluge na nemačkim autoputevima zasniva na prosečnoj brzini putovanja. U Finskoj, istraživači su u obzir uzimali i prosečnu brzinu putovanja i predvidivost vremena putovanja kao pokazatelj performansi u prevozu robe. Međutim, par međunarodnih studija je pokazalo da je nedostatak referentnih tačaka na skali performansi glavno ograničenje korišćenja prosečne brzine

putovanja i da je poređenje performansi između lokacija nerealno. [1]

U prilog nemačkim iskustvima sa dvotračnim putevima, Brilon and Weiser (2006) su razjasnili da je prosečna brzina putničkih vozila značajan pokazatelj performansi. Ovo može biti određeno za dužu deonicu puta, detaljnim proučavanjem proseka za oba smera. [1]

Ovo je dalje istraženo od strane Al-Kaisy and Karjala [5] na četiri posmatrane lokacije na dvotračnim putevima u Montani. Na osnovu toga, preporučili su upotrebu prosečne brzine putovanja (ATS) kao procenta brzine slobodnog toka (PFFS – Percent Free Flow Speed) i upotrebu prosečne brzine putovanja putničkih vozila kao procenta brzine slobodnog toka putničkih vozila. Funkcionalna zavisnost između ovih promenljivih i promenljivih vezanih za plotune nije uzimana u obzir, te se ne može smatrati značajnim rezultatom.

Na osnovu analize nervoze (nestrpljivosti) vozača na vangradskim dvotračnim putevima, Pollatschek and Polus [6,7,8] su razvili teorijske modele uticaja vremena vožne u zastoju (praćenju) na smanjenje vrednosti kritičnog intervala za preticanje. Nestrpljenje vozača može izazvati spremnost da se prihvati veći rizik, jer se kašnjenje povećava, što na kraju smanjuje PTSF. Ovo bi mogao biti najčešći razlog za precenjivanje parametra PTSF u HCM-u.

## 3. ALTERNATIVNI POKAZATELJI

Kao odgovor na prestanak postojeće prakse u proceni PTSF-a kao mere performansi za dvotračne puteve, naročito zbog komplikacija sa njegovim direktnim merenjem na terenu i odstupanjima među HCM procedurama, istraživači su razvili alternativne pokazatelje nivoa usluge.

Kako bi istražio alternativne mere određivanja nivoa usluge za dvotračne

puteve u Južnoj Africi, Van As [9,10,11] je predložio gustinu pratilaca (broj pratilaca sa kratkim intervalom sleđenja po jedinici dužine) kao novi i najbolji pokazatelj performansi dvotračnih puteva u Južnoj Africi. U istoj studiji, autor je detaljno ispitao druge pokazatelje, kao što su: procenat pratilaca (udeo vozila sa kratkim intervalima sleđenja), ukupno kašnjenje usled saobraćaja u procentima brzine, protok pratilaca (broj pratilaca s kratkim intervalom sleđenja u jedinici vremena) i gustina saobraćaja. Od svih navedenih pokazatelja, gustina pratilaca je takođe preporučena kao dobar pokazatelj nivoa usluge za dvotračne puteve, na osnovu studija sprovedenih u Ajdahu i Japanu. [1] Još jedan preporučeni indikator je bio prag brzine kao alternativni pokazatelj nivoa usluge, konkretno, zamena za PTSF. Takođe, Martín et al. [12] su razvili fazi logički sistem kašnjenja vozila za određivanje nivoa usluge na dvotračnim putevima. Drugi predloženi alternativni pokazatelji za nivo usluge dvotračnih puteva su: prosečna brzina putovanja putničkih automobila, prosečna brzina vožnje, prosečna brzina vožnje kao procenat slobodne brzine putničkih automobila, prosečna brzina vožnje kao procenat brzine slobodnog toka, procenat pratilaca i procenat ometenih. Prednosti i nedostaci predloženih pokazatelja su navedeni u nastavku.

**Prag brzine (Threshold Speed – TS)** – Definisana je kao pretpostavljena minimalna prihvatljiva brzina zavozača u toku putovanja na određenoj deonici u uslovima velike gustine i plotunskog saobraćaja, čija vrednost je zasnovana na korisničkoj percepciji i dobroj proceni. Iako je ovaj indikator lak za merenje, još uvek je komplikovano odrediti određenu vrednost prihvatljivu svim korisnicima. Na primer, ono što strpljiv vozač smatra prihvatljivom

brzinom, agresivan vozač možda ne smatra, s toga je ova mera pristrasna u pogledu korisnika.

**Gustina pratilaca (Follower Density – FD)** – Predstavlja broj pratilaca po smeru sa kratkim intervalom sleđenja po jedinici dužine. Osnovne prednosti ove mere su te što uzima u obzir slobodu manevrisanja i stepen zagušenosti u saobraćajnom toku. Glavno ograničenje ovog pokazatelja je u tome što se, pored toga što ga je lako izmeriti na terenu, obično izvodi na osnovu protoka i brzine na preseku iako je prostorno određena mera.

**Prosečna brzina putovanja (Average Travel Speed – ATS)** – je jedan od najboljih pokazatelja korišćenih u HCM-u. Ovaj pokazatelj se smatra dobrim indikatorom performansi dvotračnih puteva zbog toga što je u velikoj korelaciji sa percepcijom korisnika i takođe je veoma lako izmerljiva. Međutim, glavno ograničenje ovog pokazatelja predstavlja nedostatak jedinstvenih kriterijuma nivoa usluge zbog različitih tipova dvotračnih puteva u pogledu geometrije i eksploatacionih brzina. Stoga, korišćenje ATS-a samostalno, bez definisanih kriterijuma, možda neće eksplicitno opisati performanse.

**Prosečna brzina putovanja putničkih vozila (Average Travel Speed of Passenger Cars – ATSPC)** – je pokazatelj koji se koristi u Finskoj i Nemačkoj zbog toga što preciznije opisuje opadanje brzine pod uticajem saobraćajnog opterećenja i procenta komercijalnih vozila u saobraćajnom toku. ATSPC ima iste prednosti i nedostatke kao i ATS.

**Prosečna brzina putovanja kao percentil brzine slobodnog toka (Average Travel Speed as Percentage of Free Flow Speed - ATS/FFS)** – Ovaj metod je mera smanjenja brzine usled uticaja saobraćaja. Visok percentil ATS/FFS predstavlja minimalnu interakciju između vozila i visoke

performanse puta. Suprotno od ovog rezultata je visok nivo interakcije između vozila i nizak nivo usluge. Kao i ATS, ATS/FFS je lako izmerljiv na terenu, ali nedostatak u odnosu na PTSF je taj što ne postoje referentni kriterijumi u pogledu interakcije između vozila u saobraćajnom toku.

**Prosečna brzina putovanja putničkih vozila kao percentil brzine slobodnog toka putničkih vozila (Average Travel Speed Passenger Cars as Percentage of Free Flow Speed of Passenger Cars – ATSPC/FFSPC)** – Ovaj pokazatelj je sličan ATS/FFS osim što su teška vozila isključena iz merenja brzine. Upotreba ovog indikatora je bazirana na tome da su putnička vozila osetljivija na redukciju brzine usled saobraćaja zbog toga što su pod većim uticajem visokih protoka nego teška vozila, odnosno više odstupaju od željene brzine. ATSPC/FFSPC je takođe lako izmeriti na terenu, a ograničenja su ista kao u ATS/FFS.

**Procenat ometenih (Percent Impeded – PI)** je definisan kao procenat vozila ometenih od strane sporijih vozila, mereno na preseku puta. U odnosu na ostale pokazatelje, PI ima relativno jaku korelaciju sa drugim merama i varijablama plotuna, isključujući protok.

**Procenat pratilaca (Percent Followers – PF)** – Ovaj pokazatelj prikazuje udeo vozila sa intervalima manjim od 3 sekunde u saobraćajnom toku. Ovaj indikator se može meriti na isti način koji je naveden u HCM-u. Osnovni nedostatak korišćenja PF-a kao pokazatelja nivoa usluge je taj što on ne prikazuje posledice uslova saobraćaja što je osnovni uslov HCM-ovog koncepta nivoa usluge. Teoretski, iako je protok nizak, može se desiti da se zadrži visok PF ako postoje relativno velike varijacije u brzini, a šanse za preticanje su male. Kao posledica toga, upotreba PF-a samostalno, može biti pogrešna. Još jedan nedostatak

ovog indikatora je to što se meri na preseku i pretpostavlja se da je primenjiv na dugu deonicu.

**Fazi logički sistem kašnjenja vozila za određivanje nivoa usluge na dvotračnim putevima** – Daje nov i pouzdan metod za utvrđivanje da li određeno vozilo kasni na dvosmernom dvotračnom putu, na osnovu subjektivnih percepcija vozača. Napravljeni sistem sastoji se od sedam fazi podsistema koji u obzir uzimaju nepreciznost ljudskog znanja, ljudski faktor i subjektivne percepcije puta, okoline, automobila i slično. Proverom sistema na uzorku vozača koji saobraćaju na ovakvim putevima utvrđeno je da ovakav fazi sistem dosta kvalitetno reprezentuje razmišljanja vozača. Takođe, u ovom radu dat je nov pristup za određivanje kašnjenja, to jest nivoa usluge, na osnovu podataka o manevru preticanja. Manevar preticanja je posmatran kroz prizmu da li postoji želja da se ono izvrši i da li postoje mogućnosti za isto.

Uzimanje u obzir iskustva vozača i njegovih subjektivnih percepcija kada se računa nivo usluge, predstavlja korak napred kada se govori o određivanju nivoa usluge. U ovom fazi sistemu korišćeno je znanje eksperata, koje je pretočeno u „ako-onda“ pravila. Svaki od fazi podsistema sadrži od 3 do 7 ulaznih promenljivih. Kombinacijom svih mogućih ishoda dobijeno je sveukupno 1296 pravila za podsistem „želja za preticanjem“ i 972 pravila za podsistem „mogućnost preticanja“. Na osnovu sprovedenog upoređivanja rezultata dobijenih fazi logičkim modelom i odgovora ispitanika utvrđeno je nekoliko činjenica. Odgovori ispitanika i rezultati fazi sistema se preklapaju u preko 90% slučajeva. Drugi važan podatak, govori da je 37 od 40 ispitanika (92,5%) prepoznalo situaciju kada će postojati kašnjenje identično kao što je to slučaj kod fazi

sistema. Treća činjenica u kojoj je zabeleženo preklapanje odgovora ispitanika i fazi sistema, i to u 90% slučajeva, je ta kada se vozači kreću brzinama nižim od željenih, ali im je ta brzina prihvatljiva. Ovakvo stanje definisano je kao kretanje u koloni.

Osnovni nedostatak ove metode je što je zahtevna za primenu u praksi i to što je vrlo teško proveriti složen fazi sistem kao što je fazi sistem koji je prikazan u ovom radu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Luttinen, Dixon i Washburn [13] su opisali dodatnih 6 kriterijuma koji su specifični za vangradske puteve. Ovih 6 kriterijuma kažu da bi nivo usluge trebalo da:

1. Odražava percepciju korisnika puta na kvalitet saobraćajnog toka.
2. Bude lak za merenje i procenjivanje.
3. Bude povezan sa saobraćajem i putem na značajan način.
4. Bude kompatibilan sa merenjem performansi ostalih objekata.
5. Opiše uslove kada je zagušenje i kada nije.
6. Bude koristan u analizama povezanim sa bezbednošću saobraćaja, transportnom ekonomijom i uticajem na okruženje.

Zbog toga je neophodno imati u vidu i druge, alternativne i dopunske pokazatelje nivoa usluge vezane za vožnju u sleđenju. Takođe, potrebno je razvijati praktično primenjive pokazatelje koji u obzir uzimaju realnu percepciju vozača.

Neophodno je i dalje razvijati i usavršavati pristup kroz fazi sisteme. Na ovaj način otvara se mogućnost da se u određivanje nivoa usluge uključe i subjektivne osobine vozača (tip vozača i vozačko iskustvo). Ovo se može smatrati

korakom napred kada se govori o određivanju nivoa usluge.

Daljim istraživanjima trebalo bi staviti akcenat na mere i projekte kojima bi se moglo uticati na poboljšanje nivoa usluge za određene kategorije vozača, na osnovu njihovih subjektivnih karakteristika. Ovo je moguće postići primenom naprednih analitičkih i upravljačkih alata, kao što su veštačka inteligencija, mašinsko učenje, inteligentni saobraćajni sistemi, geoinformacioni sistemi, autonomna vozila, sistemi komunikacije vozilo-vozilo i vozilo-put, itd.

#### LITERATURA

- [1] Chauhan S, Sharma S, Negi P, Sikha, Sharma R, Chaudhary P. 2016. REVIEW OF PERCENT TIME SPENT FOLLOWING (PTSF) AS PERFORMANCE MEASURE FOR TWO-LANE HIGHWAYS, International Journal Of Core Engineering & Management (IJCEM) Volume 3, Issue 2
- [2] Transportation Research Board, 1985. Highway Capacity Manual, Special Report 209. Washington, DC.
- [3] Transportation Research Board, 2000. Highway Capacity Manual. 4th Ed. National Research Council, Washington, D.C.
- [4] Transportation Research Board, 2010. Highway Capacity Manual. 5th Ed. National Research Council, Washington, D.C.
- [5] Al-Kaisy, A, Karjala S, 2008, Indicators of Performance on Two-Lane Rural Highways: Empirical Investigation, Transportation Research Record, Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C. 2071(1): 87–97.
- [6] Polus, A. and M. Cohen. 2011. Estimating Percent-time-spent-following on Two-lane Rural Highways. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 19(6): 1319–1325.

- [7] Polus, A. and M. Cohen. 2009. Theoretical and Empirical Relationships for the Quality of Flow and for a New Level of Service on Two-Lane Highways. *Journal of Transportation Engineering, ASCE*. 135(6): 380–385.
- [8] Rozenshtein, S., A. Polus, and M. Cohen. 2012. Models for Estimating Drivers Following on Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board*. 2286(-1):68–75.
- [9] Van As, S.C. and A. Van Niekerk. 2004. The Operational Analysis of Two-lane Rural Highways. in 23rd Annual Southern African Transport Conference. Pretoria, South Africa.
- [10] Van As, C. and A. Van Niekerk. 2007. South African Highway Capacity Research, in TRB Workshop 153. South African National Roads Agency, Limited.
- [11] Van As, C. 2003. The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service of Two-lane Undivided Highways in South Africa. Project Summary, South African National Roads Agency, Limited.
- [12] Martín, Romana, Santos, 2016. FUZZY MODEL OF VEHICLE DELAY TO DETERMINE THE LEVEL OF SERVICE OF TWO-LANE ROADS, *Expert Systems With Applications* 54 (2016) 48–60
- [13] Luttinen, R. T. 2001. Capacity and Level of Service on Finnish Two-Lane Highways, in Helsinki 2001, Finnish Road Administration, Traffic and Road Engineering, Finnra Reports 18/2001: Helsinki, Finland
- [14] Luttinen, R. T. 2001. Percent Time-Spent-Following as Performance Measure for Two-Lane Highways. *Transportation Research Record. Transportation Research Board, National Research Council*. Washington, D.C. 1776: 52–59.
- [15] Luttinen, R.T. 1996. Statistical Analysis of Vehicle Time Headways. Helsinki University of Technology. *Transportation Engineering, Publication*. 87: 193.
- [16] Luttinen, R. T. 1992. Statistical Properties of Vehicle Time Headways. *Transportation Research Record: Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D. C.* 1365: 9 McLean, J. R. 1989. *Two-lane Highways Traffic Operations: Theory and Practice*. New York: Gordon and Breach Publishers. 2–98.
- [17] Dixon, M. P., S. S. K. Sarepali, and K. A. Young. 2002. Field Evaluation of Highway Capacity Manual 2000 Analysis Procedures for Two-Lane Highways. *Transportation Research Record: Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C.* 1802 (2002): 125–132.
- [18] Chakroborty, P, & Kikuchi, S. (1990). Application of fuzzy set theory to the analysis of capacity and level of service of highways. In *Proceedings of the ISUMA'90, first international symposium on uncertainty modelling and analysis* (pp.146–150). CollegePark, Maryland: IEEEComputerPress.

## SUMMARY

### PERCENT TIME SPENT FOLLOWING AS TWO-LANE ROADS PERFORMANCE MEASURE

**Abstract:** *Percent Time Spent Following (PTSF), applied in HCM, represents the key performance measure for Level of service determination on two-lane roads. Based on the development of the methodology for PTSF determination and field research, it has been*

*established that this indicator is not in accordance with the real field situation and that the value of the PTSF is highly overestimated. Therefore, a several number of alternative methodologies for this indicator have been developed. This paper deals with short overview of PTSF estimation methodologies. It is expected that this review and recommendations will contribute to the improvement of two-lane roads performance.*

**Keywords:** *Level of service, space intervals, PTSF, fuzzy logic*



# UTICAJ PRISTUPA NA BRZINU I VREME PUTOVANJA U SAOBRAĆAJNOM TOKU PRI PROLAZU PUTA KROZ NASELJENO MESTO

**Stefan Despotović**, student master akademskih studija, Saobraćajni fakultet, Beograd, [despotovic.stefan@outlook.com](mailto:despotovic.stefan@outlook.com)

**Rezime:** Prolaz puta kroz naseljeno mesto predstavlja jedan od najspecifičnijih saobraćajnih problema. Razlog ove činjenice predstavlja pojava mešanja tokova različitog karaktera, od korisnika koji tranzitiraju posmatrano područje pa do onih korisnika koji put koriste za svakodnevna lokalna kretanja u okviru naseljenog mesta. Ovo dovodi do učestalih uključenja i isključenja sa putnog pravca druge grupe navedenih korisnika, a takođe i do disperzije brzina tranzitnih korisnika koji se prilagođavaju trenutnim uslovima kretanja. Kako javni put predstavlja zajedničku svojinu svih korisnika koji ga koriste, nemoguće je, a i nepravedno bilo koju grupu navedenih korisnika diskriminirati i ograničiti njihovo korišćenje javnog puta. Kao jedno od mogućih rešenja, gledano sa aspekta ravnopravnosti korisnika, očuvanju brzine kretanja vozila i bezbednosti učesnika u saobraćaju na prolazu puta kroz naseljeno mesto je upravljanje pristupima sa privatnog poseda na javni put. Pojava pristupa na javni put je proces koji se dešava sporadično u vremenskom periodu njegove eksploatacije. U ovom radu biće analizirani uslovi koji vladaju u saobraćajnom toku pri prolazu puta kroz naseljeno mesto uz poseban osvrt na pristupe i posledice do kojih dovode sa aspekta brzine kretanja i vremena putovanja vozila u toku.

**Ključne reči:** pristup, brzina, vreme putovanja

## 1. UVOD

Saobraćajnice predstavljaju značajne javne resurse jedne zemlje. Njihova podela zavisi od saobraćajnih tokova koje opslužuju, tako da mogu biti gradske saobraćajnice, namenjene lokalnim kretanjima na područjima gradskih aglomeracija i vangradske saobraćajnice, namenjene tranzitnim kretanjima, odnosno kretanjima izvan gradskih aglomeracija.

Mešanje tokova različitog karaktera, dovodi do stvaranja treće grupe saobraćajnica. Ove saobraćajnice predstavljaju prolaze puteva kroz naseljena mesta i mogu dovesti do značajnijih problema ukoliko se ovom elementu

saobraćajne mreže ne pridoda posebna pažnja.

Svaka saobraćajnica ima dva, međusobno kontradiktorna zadatka. Jedan se ogleda u efikasnom saobraćajnom povezivanju uz očuvanje nivoa usluge i bezbednosti posmatranog putnog pravca, dok drugi zadatak predstavlja lakoću pristupa sadržajima koji se nalaze u neposrednoj blizini puta [1]. Ova dva zadatka je nemoguće istovremeno realizovati na najvišem mogućem nivou pa se u projektovanju puteva teži efikasnom balansiranju između istih.

Pomenuti zadaci svake saobraćajnice i njihov međusobni uticaj se najbolje ispoljavaju pri prolazu puta kroz naseljeno mesto. Kao jedan od najvećih problema na

ovom delu mreže javnih puteva ističe se kontrola pristupa okolnog sadržaja javnom putu.

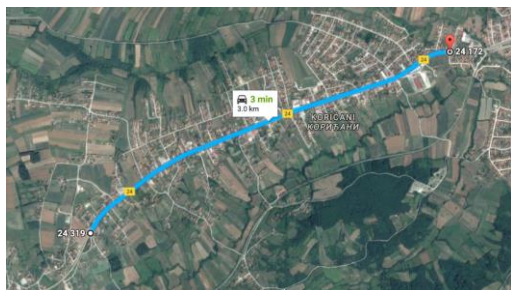
Pristupi su integralni deo drumskog transportnog sistema i variraju u zavisnosti od aktivnosti koje opslužuju, veličine protoka na njima, razvijenosti posmatranog područja itd. [2] Njihov uticaj na realizaciju saobraćajnog procesa je značajan. Oglada se u smanjenju brzine i bezbednosti, povećanju vremena putovanja i vremenskih gubitaka koje izazivaju vozila koja vrše manevre ulivanja/izlivanja sa/na pristup.

## 2. ANALIZA RELEVANTNOG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe utvrđivanja uticaja pristupa na saobraćajni tok potrebno je sprovesti određena istraživanja. Cilj ovih istraživanja je da utvrde u kojoj meri manevri koji se obavljaju prilikom uključenja i isključenja sa/na pristup utiču na promenu brzine i vremena putovanja vozila u toku.

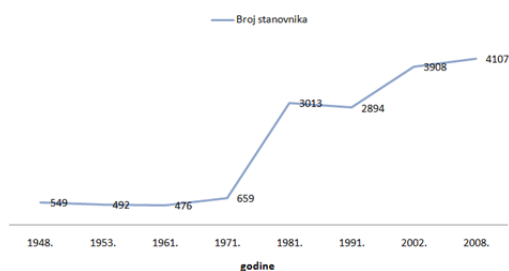
Da bi ova istraživanja oslikala realne uslove koji vladaju u saobraćajnom toku od velikog je značaja na adekvatan način izabrati relevantno područje istraživanja. Kao kriterijum izbora područja istraživanja u ovom radu uzeta je saobraćajnica koja predstavlja prolaz puta kroz naseljeno mesto, sa dominantnim tranzitnim kretanjima i u manjoj meri zastupljenim lokalnim kretanjima.

Relevantno područje istraživanja prikazano je na Slici 1.



Slika 1: Relevantno područje istraživanja

Na slici je prikazan pravac pružanja Državnog puta IB reda broj 24 kroz kragujevačko naselje Korićani. Korićani su naselje i mesna zajednica grada Kragujevca u gradskoj opštini Stanovo. Ovo naselje je nastalo u uticajnom području puta. Posledica toga je činjenica prisustva velikog broja pristupa po jedinici dužine. Za nagli rast posmatranog područja karakteristična su dva vremenska perioda. Ova dva perioda najbolje možemo sagledati na grafiku na kome su prikazani demografski podaci po godinama popisa (Grafik 1).



Grafik 1: Demografski podaci po godinama popisa

U periodu od 1971. do 1981. godine broj stanovnika raste usled privredne moći Kragujevca (pre svega fabrika automobila Zastava), pri čemu se gradsko područje širi i usisava manja sela u svoju unutrašnjost. Drugi period porasta broja stanovnika kreće od 1991. godine i tom prilikom su uračunata interno raseljena lica sa područja Kosova i Metohije. Ovi skokovi broja stanovnika u naznačena dva perioda dovode do pojave nekontrolisane gradnje u putnom pojasu što za posledicu ima i negativne posledice kako naselja i aktivnosti u njemu na saobraćaj i putno zemljište, tako i puta na kvalitet života u samom naselju.

Državni put IB reda 24 pri prolazu kroz naselje Korićani, karakterišu dve saobraćajne trake u smeru Kragujevac – Kraljevo (u daljem tekstu Smer 1), koje izvode tokove iz gradskog područja, i jedna saobraćajna traka u smeru Kraljevo –

Kragujevac (u daljem tekstu Smer 2) koja uvodi saobraćajne tokove u gradsko područje. Širine odih traka su po 3,5m. Dužina deonice je 3km a razlika u nadmorskoj visini pružanja same deonice iznosi 55,3m.

Ova deonica zbog blizine gradskog područja ispunjava uslov visokog procenta tranzitnih kretanja, odnosno pogodna je za snimanja uticaja pojedinačnih vozila u manevru ulivanja/izlivanja na brzinu saobraćajnog toka.

### 3. METODOLOGIJE SPROVEDENIH ISTRAŽIVANJA

Za potrebe izrade ovog rada i utvrđivanja uticaja pristupa na parametre saobraćajnog toka, sprovedena su dva istraživanja.

Prvo istraživanje odnosi se na evidentiranje broja pristupa i njihove širine. Istraživanje je sprovedeno 24.6.2018. godine u popodnevnom satima korišćenjem brojačkih obrazaca. Evidentirani su svi pristupi sa obe strane javnog puta. Pristupi su klasifikovani prema tipu pristupa na komercijalne pristupe u koje spadaju auto-placevi, kafane, hoteli, moteli, i kolske prilaze koji su najbrojniji.

Takođe, u evidentacione obrasce upisivana je i širina svakog pristupa. Širine pristupa utvrđivane su direktnim merenjima na terenu korišćenjem pantljičke.

Kako je brzina jedan od najvažnijih parametara saobraćajnog toka sa aspekta efikasnosti i bezbednosti saobraćaja, drugo istraživanje odnosilo se upravo na merenje brzina vozila duž javnog puta.

Cilj istraživanja je bio da se snime realni podaci o promeni brzine na deonici sa naglaskom na situacije kada se vozila ulivaju/izlivaju sa glavnog pravca. Prikupljanje podataka je obavljeno korišćenjem Android aplikacije

SpidometerGPS, pri čemu se mobilni uređaj nalazio u vozilu kojim se aktivno učestvovalo u saobraćajnom toku. Izgled aplikacije prikazan je na Slici 2.



Slika 2: Izgled Android aplikacije SpidometerGPS

Snimanja su vršena u oba smera 25. juna 2018. godine u periodima jutarnjeg i popodnevnog vršnog saobraćajnog opterećenja. Takođe je sprovedeno merenje i u uslovima noćne vožnje kao referentno za podatke slobodnog saobraćajnog toka.

Opis metodologije: Plutajuće vozilo se uključivalo u saobraćajni tok nekih 250 metara pre početka posmatrane deonice, u Smeru 1, pre semafora u Malim Pčelicama, odnosno 500 metara u suprotnom smeru, kod stanice za snabdevanjem gorivom u Dragobraći čime se obezbedilo da se pre nailaska na zonu snimanja dostigne brzina saobraćajnog toka i omogući praćenje kolone vozila odgovarajuće dužine. Ovo je važno za merenja u jutarnjem i popodnevnom vršnom času, dok je noćna vožnja obavljana u slobodnom toku kretanjem vozila slobodnom brzinom, odnosno, brzinom koju diktiraju tehničke karakteristike same trase u planu i profilu.

#### 4. PRIKAZ I OBRADA REZULTATA DOBIJENIH ISTRAŽIVANJIMA

Na osnovu podataka prikupljenih pomoću evidencionih obrazaca, moguće je dobiti informacije o smanjenju slobodne brzine kretanja vozila duž posmatranog putnog pravca i informacije o relativnom produženju vremena putovanja. U Tabeli 1 dat je sumiran prikaz ukupnog broja pristupa i njihove ukupne širine.

Tabela 1: Sumirani podaci dobijeni terenskim istraživanjem

Smer posmatranja	Ukupan broj pristupa	Prosečna širina pristupa (m)
1	121	6,63
2	89	9,35

Iz priložene tabele se može zaključiti da je broj pristupa u Smeru 1 veći od broja pristupa u Smeru 2. Razlog tome je činjenica da su pristupi u Smeru 1 uređeni pa se samim tim i njihova ukupna širina smanjuje za razliku od pristupa u Smeru 2 koji su manje brojni, neuređeni ali je njihov uticaj na ivičnu okupiranost puta 30m veći.

U Tabeli 2 procentualno je prikazana okupiranost ivice kolovoza po smerovima posmatranja.

Tabela 2: Sumirani podaci dobijeni terenskim istraživanjem

Smer posmatranja	Okupiranost ivice kolovoza (%)
1	27
2	28

Prosečan broj pristupa po kilometru predstavlja količnik sume pristupa i ukupne dužine deonice u kilometrima. U konkretnom slučaju prosečan broj pristupa iznosi 70 pristupa/km.

Na osnovu podatka o broju pristupa po jedinici dužine možemo odrediti slobodnu brzinu za dati odsek. Ovu brzinu možemo izračunati na osnovu priručnika

HCM 2010 a dobija se pomoću sledećeg obrasca datog u ovom priručniku:

$$V_{sl} = V_{slo} - f_{st} - f_a \text{ (km/h)} \quad (1)$$

Gruba procena bazne slobodne brzine ( $V_{slo}$ ) može biti uzeta kao dato ograničenje brzine plus 15 km/h [3]. Kako posmatrana lokacija predstavlja prolaz puta kroz naseljeno mesto, ograničenje brzine iznosi 50km/h, a procenjena bazna slobodna brzina iznosi 65km/h. Što se tiče sledeća dva faktora korekcije prikazanih u formuli (1) oni predstavljaju korekzione faktore širine saobraćajne trake i udaljenosti bočnih smetnji ( $f_{st}$ ) i korekcionni faktor smanjenja slobodne brzine u zavisnosti od gustine pristupnih tačaka ( $f_a$ ). Vrednost ovih faktora, u konkretnom slučaju je dobijena na osnovu tabele datih u HCM-ovom priručniku. Korekcionni faktor uticaja širine trake i udaljenosti bočnih smetnji ( $f_{st}$ ) iznosi 0,7 (širina trake 3,5m i udaljenost bočnih smetnji veća od 1,8m) [3]. Korekcionni faktor smanjenja slobodne brzine u zavisnosti od gustine pristupnih tačaka ( $f_a$ ) je dobijen metodom interpolacije i iznosi 46,69km/h za gustinu pristupa od 70 pristupa/km.

Zamenom procenjenih vrednosti i vrednosti dobijenih tabelarnim putem u početnu jednačinu, dobijamo da je slobodna brzina za dati putni odsek 17,61km/h, odnosno, da je smanjenje slobodne brzine uzrokovano gustinom pristupa 46,96km/h.

Poznajući dužinu predmetnog odseka i broj pristupa po kilometru, odnosno njihovu ukupnu širinu, pristupe možemo posmatrati kao tačke. Njihovu širinu možemo zanemariti i na taj način utvrditi prosečno rastojanje između pristupa, a samim tim i relativno produženje vremena putovanja. Vrednosti produženja vremena putovanja, u zavisnosti od rastojanja između pristupa, date su u Tabeli 3.

Tabela 3: Uticaj na produženje vremena putovanja vozila na glavnom pravcu u zavisnosti od rastojanja između pristupa [1]

Odstojanje pristupa bez saobraćajne signalizacije (m)	Relativno produženje vremena putovanja (%)
30	27,3
60	14,7
90	10
120	7,6
150	6,2

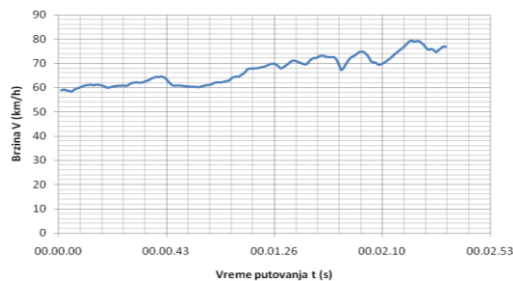
Kako broj pristupa u Smeru 1 iznosi 121, i kako je njihova ukupna širina 802m (Tabela 1), dobijamo da je prosečno rastojanje između pristupa 18,16m. Dakle, produženje vremena putovanja za Smer 1 iznosiće 32,34%. U Smeru 2 zabeleženo je 89 pristupa, ukupne širine 832m, tako da je prosečno rastojanje između pristupa 24,35m. Produženje vremena putovanja za ovaj smer iznosiće 29,67%.

Na osnovu podataka prikupljenih snimanjem brzina na posmatranoj deonici, pomoću aplikacije SpidometerGPS, moguće je dobiti rezultate koji sadrže smanjenje brzina i povećanje vremena putovanja usled ometanja glavnog toka uzrokovanih delovanjem manevara vozila na pristupe.

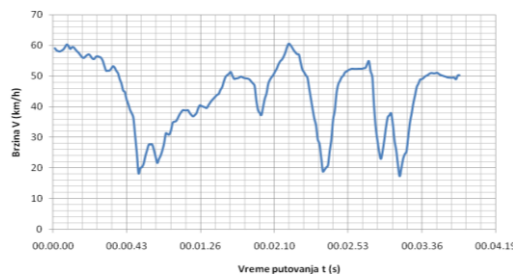
Tokom snimanja brzina u saobraćajnom toku, sprovedeno je 32 vožnje, odnosno 16 vožnji po smeru, i po jedna vožnja za svaki smer u uslovima slobodnog toka. Na Grafiku 2 prikazana je kriva promene brzina u uslovima slobodnog toka u zavisnosti od vremena.

Od ukupnog broja vožnji, broj vožnji na kojima su identifikovani manevari na pristupima je 14. Broj identifikovanih manevara po pojedinačnoj vožnji kreće se od jednog pa do čak četiri manevara. Svi identifikovani manevari na pristupima su manevari desnog skretanja na glavni pravac ili sa glavnog putnog pravca. Na Ggrafiku 3

prikazana je vožnja sa identifikovana četiri manevara.



Grafik 2: Dijagram brzine i vremena putovanja u uslovima slobodnog toka



Grafik 3: Vožnja sa identifikovana četiri manevara

Na osnovu podataka sa terena izračunati su: matematičko očekivanje, standardno odstupanje i koeficijent varijacije brzina za određen broj vožnji sa identifikovanim pristupima i za uslove koji vladaju u slobodnom toku. Ovi podaci dati su u Tabeli 4.

Tabela 4: Zbirni rezultati statističkih parametara

Tip vožnje	$M(x)$ (km/h)	$\sigma(x)$ (km/h)	$Kv(x)$
<b>Slobodan tok</b>	67,86	5,97	9%
<b>Jedan manevar</b>	54,47	4,73	8%
<b>Dva manevara</b>	49,11	5,01	10%
<b>Tri manevara</b>	48,21	7,92	16%
<b>Četiri manevara</b>	48,75	11,36	23%

Na osnovu Tabele 4 možemo uočiti promenu koeficijenta varijacije u zavisnosti od broja manevara, odnosno, ovaj koeficijent se povećava sa povećanjem

manevara ulivanja/izlivanja sa glavnog toka.

Takođe, pored analiziranih podataka, možemo analizirati i podatke o odstupanju brzine i vremena putovanja vožnji na kojima su evidentirani manevri na pristupima u poređenju sa brzinama i vremenima putovanja u uslovima slobodnog toka. Prosečne vrednosti brzina i vremena putovanja po smerovima istraživanja prikazane su u Tabeli 5.

*Tabela 5: Prosečne vrednosti brzina i vremena putovanja*

<i>Smer posmatranja</i>	<i>Slobodan tok</i>		<i>Realan tok</i>	
	<i>V(km/h)</i>	<i>t(s)</i>	<i>V(km/h)</i>	<i>t(s)</i>
<b>1</b>	67,35	2:35	49,09	3:40
<b>2</b>	66,29	2:39	48,67	3:37

Poređenjem prosečnih vremena putovanja sa vremenima putovanja u slobodnom toku, dolazimo do podatka da je vreme putovanja na posmatranoj deonici duže za 65s u Smeru 1, odnosno za 58s u Smeru 2. Takođe, možemo izračunati i relativno produženje vremena putovanja koje za Smer 1 iznosi 42% a za Smer 2 iznosi 36%.

## 5. ZAKLJUČAK

Obradom podataka sprovedenih istraživanja dolazimo do specifičnih zaključaka o prolazu puteva kroz naseljena mesta. Na osnovu rezultata iz ovog rada možemo sprovesti određena poređenja HCM-ovog priručnika u odnosu na sprovedena istraživanja u realnom toku, i ispitati opravdanost upotrebe ovog priručnika u našim uslovima iz ove oblasti.

HCM 2010 nudi mogućnost proračuna smanjenja slobodne brzine vozila u zavisnosti od broja pristupa u oba smera po jedinici dužine posmatranja. Kako je izračunata brzina po priručniku HCM 2010 (17,61km/h), daleko manja od najmanje

prosečne brzine kretanja vozila uzrokovane pojavom čak četiri manevra na glavni putni pravac (43,91km/h), dolazimo do zaključka da su potrebne određene korekcije HCM priručnika na naše uslove.

Takođe, pored poređenja smanjenja slobodne brzine uzrokovane manevrima na pristupima (terensko istraživanje) ili brojem pristupa po kilometru (HCM 2010), možemo porediti i relativno produženje vremena putovanja. Produženje vremena putovanja po HCM metodologiji je iznosilo 32,64% za Smer 1 i 29,67% za Smer 2. Relativna produženja vremena putovanja su značajno veća na osnovu sprovedenih vožnji. Za Smer 1 relativno produženje vremena putovanja iznosi 42%, dok za Smer 2 ovo vreme iznosi 36%.

Gustina pristupa i manevri koje oni zahtevaju, direktno utiču na kvalitet realizacije saobraćajnog procesa u naseljenim mestima gde je problem pristupa najizraženiji. Potrebno je racionalno, savesno i objektivno delovanje u oblasti planiranja i projektovanja prolaza puteva kroz naseljena mesta kako bi se prilagodio kako put naselju tako i naselje putu.

## LITERATURA

- [1] V. Tubić, M. Vidas, „Uticaj kontrole pristupa na bezbednost saobraćaja i nivo usluge puteva“, Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Zaječar 2014.god.
- [2] V. Tubić, M. Vidas, „Kontrola pristupa i klasifikacija pristupa u funkciji uticaja na bezbednost i nivo usluge deonica dvotračnih puteva“, Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici, Kragujevac 2015.god.
- [3] „Highway Capacity Manual“, HCM 2010, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2010.



- [4] M. Vidas, „Uticaj kontrole pristupa na kapacitet i nivo usluge dvotračnih puteva“, Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- [5] B. Stanić, M. Osoba, V. Tubić, „Saobraćajno oblikovanje prolaza puteva kroz naselja i gradove“, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.

## SUMMARY

### **THE INFLUENCE OF ACCESS POINTS ON THE SPEED AND TRAVEL TIME IN THE TRAFFIC FLOW ON THE OCCASION OF ROAD PASSING THROUGH THE POPULATED PLACE**

**Abstract:** *Road passing through populated place is one of the most specific traffic problems. The reason for this fact is the phenomenon of mixed traffic flows with different characters, from the users who transit through the specific area to the users who use that particular road everyday for local travels within populated place. This brings us to the more frequent entrances and exits from the way of other group of users, and also to the speed dispersion of transit users who are adapting to the current movement conditions. As public road being common property of all users who use it, it is impossible, as well as unfair, to discriminate and restrict any stated group of users from their right to use the public road. One of the possible solutions from the aspect of users equality in the terms of speed preservation and safety while going through the populated place is managing accesses from the private areas to the public road. The appearance of accesses to the public road is a process which happens periodically in the time of their exploitation. In this paper, the conditions which happen in the traffic flow when the road is passing through populated place will be analyzed, with particular review on accesses and consequences which these accesses bring to, from the aspect of movement speed and travel time of the vehicles.*

**Key words:** *access, speed, time travel*

# ANALIZA REALNIH I PREKORAČENIH BRZINA NA DRŽAVNOM PUTU IB -22 KRALJEVO - RAŠKA

**Vuk Topalović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [vuk.topalovic@gmail.com](mailto:vuk.topalovic@gmail.com)

**Miloš Balović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [balovicmilos@gmail.com](mailto:balovicmilos@gmail.com)

**Marko Stojanović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, [markoshera@gmail.com](mailto:markoshera@gmail.com)

**Rezime:** Ograničenje brzine je prisutno u svakoj zemlji na celokupnoj putnoj mreži. Postavljanje ograničenja brzine ne znači nužno i njihovo poštovanje od strane vozača. Jedan od razloga zbog koga vozači prekoračuju brzinu jeste neadekvatno postavljanje ograničenja brzina. Cilj ovog rada je analiza podobnosti postavljenih ograničenja i poštovanje istih od strane vozača na državnom dvotračnom putu IB – 22 Kraljevo - Raška. Na analiziranoj deonici se nalazi šest automatskih brojača saobraćaja koji pružaju informacije o broju, kategoriji i brzini vozila u saobraćajnom toku svih 8 760 časova tokom godine. Na deonici državnog puta IB - 22 Kraljevo - Raška dužine 78,1 km izvršena je analiza brzina slobodnog toka i eksploatacionih brzina korišćenjem analitičkih modela. Takođe je izvršena analiza realnih brzina i prekoračenja brzina na pomenutih šest lokacija na kojima su instalirani automatski brojači saobraćaja kao i analiza tehničko-eksploatacionih karakteristika puta. Istraživanje pokazuje da veće razlike između slobodne i ograničene brzine doprinose da veći procenat vozača na tim deonicama ne poštuje tj. prekoračuje ograničenje brzine. Kao rezultat ovog rada, veliki procenat prekoračenja brzine ukazuju na nepodobnost i pitanje kredibiliteta postavljenih ograničenja brzine.

**Ključne reči:** ograničenje brzine, realne brzine, kredibilitet ograničenja

## 1. UVOD

Ograničenja brzine predstavljaju ključni element politike upravljanja brzinama. Upravljanje brzinama omogućava efikasnu realizaciju saobraćajnih tokova. Politika upravljanja brzinama ima za cilj da harmonizuje saobraćajni tok, skladno uslovima u istim, i maksimizira iskorišćenje kapaciteta uz minimiziranje troškova i rizika od saobraćajnih nezgoda. Brzina ne zavisi isključivo od osobine pojedinca, već i od spoljne motivisanosti vozača (očekivano vreme putovanja, svrha i dužina putovanja), a i tehničko – eksploatacionih karakteristika puta (širina kolovoza, uzdužni nagib, horizontalna krivina, preglednost, vidljivost, procenat zabrane preticanja, frekvencija mimoilaženja i udaljenost bočnih smetnji). Vozači mogu

svesno ili nesvesno da prekoračuju brzinu, jer izbor brzine i motivi brze vožnje zavise od mnogo različitih faktora kao što su karakteristike ličnosti (agresivna vožnja), karakteristike vozila, puta i okoline puta.

Za analizu brzina u ovom radu korišćeni su izvorni podaci očitani sa ABS-a koji se koriste za detekciju i klasifikaciju vozila putem induktivnih petlji koje se ugrađuju u isečeni i zaliveni kanal na asfaltnom sloju kolovozne konstrukcije [1]. Cilj ovog rada predstavlja analizu poštovanja postavljenih ograničenja brzina i poštovanje od strane vozača na državnom dvotračnom putu IB – 22 Kraljevo - Raška.

## 2. METODOLOGIJA

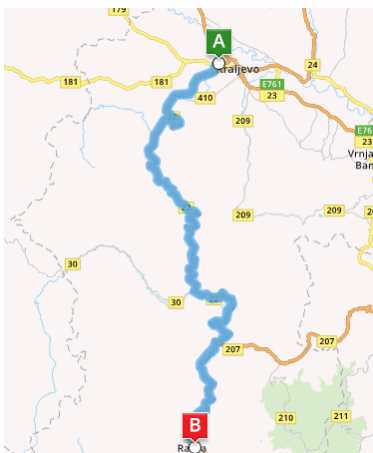
U okviru rada, sprovedena je detaljna analiza prekoračenja brzina na 6 lokacija postojećih automatskih brojača saobraćaja

(u daljem tekstu ABS), koji su postavljeni na deonici državnog puta IB - 22 Kraljevo – Raška. Analiza je obuhvatila snimljene brzine na automatskim brojačima saobraćaja u periodu od dve godine (2015 – 2016). Takođe, u sklopu rada analizirane su slobodne i eksploatacione brzine na predmetnim deonicama koje zavise od tehničko - eksploatacionih karakteristika [3]. Naime, izvršen je proračun prosečne eksploatacione brzine, kao i detaljno istraživanje prekoračenja ograničenih brzina u zonama ABS-a. Podaci su obrađeni primenom deskriptivne statistike korišćenjem softverskog paketa Microsoft Office Excel. U daljem radu će biti prikazani grafički prikaz i diskusija rezultata analiza podataka.

### 3. REZULTATI SA DISKUSIJOM

#### 3.1. Analiza prekoračenja ograničenja brzina na osnovu podataka sa ABS-a

Razmatrane deonice puta nalaze se na državnom putu IB - 22. Kroz rad je analizirano šest automatskih brojača saobraćaja na potezu od Kraljeva do Raške (Slika 1). Ukupna dužina deonica iznosi 78.2km. Automatski brojači saobraćaja neprekidno, tokom čitave godine beleže sve merodavne podatke saobraćajnog toka, kao i brzine vozila.



Slika 1: Analizirana deonica sa ABS-a

Model korišćen za proračun slobodnih brzina zahteva detaljne tehničko - eksploatacione karakteristike puta kao i poznavanje osnovnih karakteristika saobraćajnog toka.

U Tabeli 1 je prikazan redni broj, naziv i oznaka deonice, ID automatskog brojača saobraćaja kao i prosečne slobodne brzine toka proračunate na osnovu tehničko - eksploatacionih karakteristika puta.

Tabela 1: Slobodne brzine na posmatranim deonicama

R. br.	Naziv deonice	Oznaka deonice	ID ABS	Vsl (km/h)
1	Kraljevo (Jarčujak)-Mataruška Banja	02224	1158	83
2	Mataruška Banja-Ušće	02225	1159	78
3	Ušće-Bare	02226	1040	71
4	Bare-Biljanovac	02227	1041	82
5	Biljanovac-Brvenik	02228	1160	81
6	Brvenik-Raška(KM)	02229	1042	83

Slobodne brzine proračunate su u zoni ABS-a kako bi predstavljale reprezentativne vrednosti brzina detektovanih na brojačima [3].

U nastavku analize korišćeni su podaci o brzinama dobijeni sa ABS iz 2016. godine. U Tabeli 2 prikazana je uporedna analiza slobodnih, eksploatacionih i ograničenih brzina. Iz Tabele 2 može se videti da su slobodne brzine dobijene po modelu veće od ograničenih brzina što govori da putni i saobraćajni uslovi dozvoljavaju da se vozila kreću većim brzinama od dozvoljenih.

U Tabeli 2 prikazani su i procenti prekoračenja brzina na svakoj od posmatranih deonica. Upoređivanjem procenta prekoračenja i razlika slobodnih i ograničenih brzina dolazi se do zaključka da veći procenat vozača ne poštuje

ograničenje brzine na deonicama na kojima je razlika između slobodne i ograničene brzine veća. Goldenbeld & van Schagen (2007) navode da, ako se u sistemu često

pojavljuju ograničenja brzine koja su nekredibilna, čitav sistem upravljanja brzinama može biti doveden u pitanje [4].

*Tabela 2. Usporedna analiza slobodnih i eksploatacionih brzina sa ograničenim brzinama i procentualni prikaz prekoračenja*

<b>Redni broj</b>	<b>Naziv deonice</b>	<b>Vogr (km/h)</b>	<b>Vsl (km/h)</b>	<b>Ve (km/h)</b>	<b>Vsl-Vogr (km/h)</b>	<b>% prekoračenja</b>
<b>1</b>	Kraljevo(Jarčujak)-Mataruška Banja	<b>80</b>	83	74	3	17 %
<b>2</b>	Mataruška Banja-Ušće	<b>50</b>	78	72	28	70 %
<b>3</b>	Ušće-Bare	<b>60</b>	71	67	11	66 %
<b>4</b>	Bare-Biljanovac	<b>80</b>	82	75	2	39 %
<b>5</b>	Biljanovac-Brvenik	<b>50</b>	81	73	31	71 %
<b>6</b>	Brvenik-Raška(KM)	<b>80</b>	83	72	3	32 %

Od ukupnog broja vozila (12.744.844) analizom prekoračenja brzina zabeleženih na 6 lokacija ABS-a na deonici dvotračnog puta IB - 22 Kraljevo – Raška, utvrđeno je da ograničenje brzine nije poštovalo čak 49,6% (6.324.085) vozača.

Na osnovu sprovedenih analiza prekoračenja brzina na posmatranim deonicama, može se uočiti na pojedinim deonicama veliki procenat vozača koji prekoračuju brzinu, čak i do 70% što ukazuje na prisustvo ograničenja brzine koje nije u skladu sa geometrijskim karakteristikama i uslovima saobraćajnog toka na deonici.

Ograničenje brzine na potezu Mataruška Banja – Ušće i Biljanovac – Brvenik iznosi svega 50 km/h za razliku od poteza Kraljevo (Jarčujak) – Mataruška Banja, Bare – Biljanovac i Brvenik – Raška gde ograničenje iznosi 80 km/h. Izuzetak je potez Ušće – Bare gde je ograničenje brzine 70km/h. Na deonicama gde je ograničenje brzine 50km/h, isto je postavljeno usled minimalnih radijusa krivina. Na deonici Mataruška Banja – Ušće

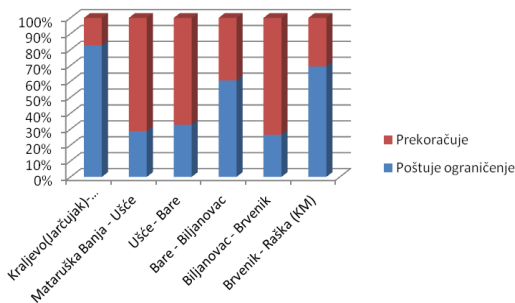
postavljeno ograničenje brzine od 50km/h karakteristično je kako u zoni brojača tako i na većem delu deonice zbog velikog broja horizontalnih krivina.

Iz Tabele 2 se može videti da deonice na kojima su veće brzine ograničenja (80 km/h) imaju manji procenat prekoračenja nego deonice sa manjim ograničenjima. U cilju detaljnije analize prekoračenja brzine, prikazano je u procentima koliko vozača poštuje odnosno prekoračuje brzinu na predmetnim deonicama, kao i klase prekoračenja. Prvu klasu prekoračenja predstavljaju vozači koji su ostvarili brzine do 10 km/h veće od ograničenja; drugu klasu predstavljaju brzine 10 do 20 km/h veće od ograničenja, dok treću klasu čine brzine za najmanje 20 km/h veće od ograničenih brzina. Vrednosti po klasama su prikazane u Tabeli 3.

Koristeći podatke iz Tabele 3 prikazan je grafik na kome se može očitati koji procenat od ukupnog broja vozača poštuje ograničenje tj. koji procenat vozača prekoračuje postavljena ograničenja na posmatranim deonicama.

Tabela 3. Uporedna analiza prekoračenja brzina na deonicama

ID ABS	Naziv deonice	Poštuje	Prekoračuje	0-10 (km/h)	10-20 (km/h)	>20 (km/h)
1158	Kraljevo(Jarčujak)-Mataruška Banja	82,8%	17,2%	65,6%	22,6%	11,8%
1159	Mataruška Banja-Ušće	29,7%	70,3%	55,0%	32,1%	12,9%
1040	Ušće-Bare	33,6%	66,4%	37,8%	30,5%	31,8%
1041	Bare-Biljanovac	60,9%	39,1%	53,8%	28,4%	17,8%
1160	Biljanovac-Brvenik	28,6%	71,4%	43,1%	34,8%	22,1%
1042	Brvenik-Raška (KM)	68,0%	32,0%	58,4%	26,5%	15,1%

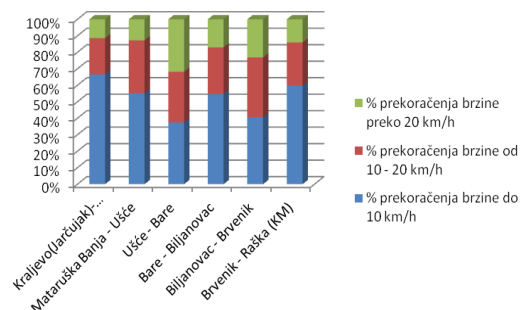


Grafik 1. Procenat vozača koji prekoračuje brzinu

Na Grafiku 1 se mogu videti, kao i očitati vrednosti u Tabeli 3, procenata vozača koji poštuju postavljena ograničenja. Na primer, na deonici Kraljevo – Mataruška Banja gde je ograničenje brzine 80 km/h ograničenje poštuje prema podacima sa ABS-a 83% vozača, a na deonici Brvenik – Raška poštuje 68% ukupnog broja vozača. Za razliku od ovih deonica, na deonicama Mataruška Banja - Ušće i Biljanovac – Brvenik na kojima je ograničenje brzine 50 km/h se može uočiti suprotno. Naime na ovim deonicama procenat vozača koji prekoračuju brzinu iznosi oko 70% od ukupnog broja vozila čije su brzine evidentirane ABS-a.

Na Grafiku 2 su prikazane klase prekoračenja brzine, koje su takođe već pomenute u Tabeli 3. Sa grafika se može videti da se najveći procenat vozila koja se kreću brzinom za najmanje 20 km/h većom od ograničene brzine javlja na deonici Ušće

– Bare na kojoj je ograničenje brzine 60 km/h. Na ovoj deonici od ukupnog broja vozila koja su snimljena sa brzinama većim od ograničenja 32% njih se kretalo brzinom za 20 km/h većom, 31% se kretalo brzinom od 10 do 20 km/h većom od ograničene i 37% vozila se kretalo brzinom za 10 km/h većom od ograničene. Takođe, sa grafika se može videti da je na deonici Kraljevo – Mataruška Banja evidentiran mali procenat vozača (11%) koja su se kretala brzinom za 20 km/h većom od ograničene, a čak 66% od ukupnog broja vozača koja su bila u prekršaju je prekoračilo brzinu do 10 km/h. Detaljniji podaci za svaku od deonica se mogu videti u Tabeli 3.



Grafik 2. Klase prekoračenja brzine

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je detaljna analiza poštovanja postavljenih ograničenja brzine. Sprovedenim analizama utvrđene su vrednosti slobodnih

i eksploatacionih brzina vozila, kao i procentualno učešće vozača koji ne poštuju ograničenja brzine. Analize su pokazale da veliki procenat vozača ne poštuje postavljeno ograničenje brzine i da je neophodno ispitati kredibilitet postavljenih ograničenja brzina na deonici I-B reda Kraljevo – Raška. Kredibilno ograničenje definiše se kao ograničenje brzine koje je u skladu sa percepcijom vozača uslovljeno putnim i saobraćajnim uslovima. Budući da saobraćajni i putni uslovi nisu percipirani podjednako od strane svakog vozača neophodno je istaći da kredibilno ograničenje brzine nije jedinstvena vrednost već opseg.

U slučaju da ograničenje brzine nije kredibilno, pribegava se jednoj od dve mogućnosti rešenja problema: redefinisati postojeće ograničenje brzine na osnovu sistemske analize što podrazumeva povećanje ili smanjenje postojećih vrednosti ili menjati elemente puta i okoline primenom pojedinih projektantskih mera u skladu sa uslovima saobraćajnog toka.

U nastavku rada trebalo bi nastaviti sa daljim analizama i terenskim istraživanjima kako bi se sistemski rešio problem neadekvatno postavljenih ograničenja brzine. Jedno od važnih elemenata kvalitetnog funkcionisanja sistema unapređenja bezbednosti i efikasnosti saobraćaja jesu baze podataka. Naime, baze podataka bi se unapredile dodatnim

istraživanjem brzina na deonicama kao i kvalitetnijim evidentiranjem saobraćajnih nezgoda. Integracija baza podataka bi omogućila lakše spoznavanje zavisnosti između prekoračenja brzina i bezbednosti saobraćaja. Postavljanjem kredibilnih ograničenja bi se postigla manja disperzija vozila u saobraćajnom toku, kao i manji procenat vozača koji prekoračuju brzinu, što bi posledično pozitivno uticalo na efikasnost i bezbednost saobraćaja.

## LITERATURA

- [1] Brojanje saobraćaja na putevima Republike Srbije, Republička Direkcija za puteve Srbije, Beograd, 2015. – 2016. godine.
- [2] Kuzović, Ljubiša. 2000. Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica, Beograd, Saobraćajni fakultet.
- [3] Kuzović, Ljubiša. 1994. Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže, Beograd, Saobraćajni fakultet.
- [4] Goldenbeld, C., & van Schagen, I. (2007). The credibility of speed limits on 80 km/h rural roads: The effects of road and person(ality) characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 1121–1130.
- [5] Van Nes, N., Houtenbos, M., & Van Schagen, I. (2008). Improving speed behaviour: the potential of in-car speed assistance and speed limit credibility. *IET Intelligent Transport Systems*, 323-330.

## SUMMARY

### ANALYSIS OF REAL AND EXCEEDED SPEEDS ON THE STATE ROAD I-B OF KRALJEVO – RASKA

**Abstract:** *Speed limitations are present in every country in their wholesome road network. Posting speed limits doesn't mandatory involve respecting them by the drivers. One of the reasons drivers disrespect speed limits is unadequately posting speed limits. The focus of this study is credibility analysis of posted speed limits and their non-compliance among drivers on two-lane state road Kraljevo – Raska. There are 6 traffic counters (ABS)*



*on the subject line which provide information about quantity, category and speed of vehicles that pass it throughout the whole year (8.760 hours). Analysis of free-flow and operating speeds was conducted on the state road Kraljevo – Raska of 78.1 kilometers. Likewise, analysis of speed sample collected from traffic counters and exceeding speed limit research were conducted with technical and operational characteristics. The research showed that higher differences between free-flow speeds and posted speed limitations contribute to an increase in percentage of drivers that disrespect the posted speed limits on subject line. Results of this paper question the credibility of posting speed limitations due to high percentage of drivers that disrespect posted speed limits.*

**Key words:** *speed limits, free-flow speeds, credibility of posted speed limits*

**GRUPA D**

---

**PLANIRANJE SAOBRAĆAJA I UTICAJ  
SAOBRAĆAJA NA ŽIVOTNU SREDINU**

---



**GRUPA D****PLANIRANJE SAOBRAĆAJA I UTICAJ SAOBRAĆAJA NA ŽIVOTNU  
SREDINU**

---

**ODRŽIVA MOBILNOST SRPSKIH GRADOVA KROZ PRINCIP HUMANOG INŽENJERINGA**

*Ana Vujičić, Valentina Basarić, Jelena Mitrović Simić, Milica Miličić*

**PLAN ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI GRADA KRUŠEVCA- ISKUSTVA U IZRADI**

*Jelena Nikolić, Predrag Arsić*

**SUMP (POUM) - METOLOGIJA I PRIMER BEOGRADA (I FAZA)**

*Zoran Rubinjoni, Milica Minić, Snežana Dimitrijević, Goran Zimonjić*

**TEMATSKIE RADIONICE KAO ZNAČAJAN IZVOR PODATAKA U PLANOVIMA ODRŽIVE URBANE  
MOBILNOSTI**

*Vladimir Đorić, Nenad Branković*

**PLANIRANJE ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI – SIMBIOSITI METODOLOGIJA**

*Nevena Marković, Marija Mihajlović*

**PTV SOFTVERI U PLANIRANJU I PROJEKTOVANJU**

*Goran Zimonjić, Snežana Dimitrijević, Zoran Rubinjoni*

**PROCENA UTICAJA SAOBRAĆAJNOG MASTER PLANA BEOGRADA NA EMISIJU ZAGAĐUJUĆIH  
MATERIJA I BUKE**

*Vladimir Đorić, Ivan Ivanović, Dragana Petrović, Jadranka Jović*

**UTICAJ BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE NA LOKACIJI URGENTNOG CENTRA U BEOGRADU**

*Marijana Mošić, Nataša Vidović*

**IDENTIFIKACIJA MJERA ZA PRILAGOĐAVANJE RIZICIMA KLIMATSKIH PROMJENA NA LOGISTIČKE  
MREŽE BOSNE I HERCEGOVINE**

*Abidin Deljanin, Mirza Berković, Ermin Muharemović*



## ODRŽIVA MOBILNOST SRPSKIH GRADOVA KROZ PRINCIP HUMANOG INŽENJERINGA

**Ana Vujičić**, *Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, ana.vujcic@uns.ac.rs*

**Valentina Basarić**, *Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu*

**Jelena Mitrović Simić**, *Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu*

**Milica Miličić**, *Departman za saobraćaj, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu*

**Rezime:** Širom svijeta, a i kod nas pojam održivih gradova je izuzetno zastupljen poslednjih godina. Međunarodna praksa je pokazala da najrazvijeniji gradovi sa visokim standardom ostvaruju više uštede energenata kao i kućnog budžeta, u sferi saobraćajne potražnje po korisniku. Pojam humanog inženjeringa je zasnovan pojavom masovne industrijalizacije na početku XX vijeka. Odnosi se na koordinaciju između korisnika sistema (radnika) na jednoj strani i infrastrukture (sredstava za rad) na drugoj strani. U oblasti saobraćajnog inženjerstva humani inženjering prvenstveno se fokusira na prilagođavanje prostornog ambijenta i prirodnog okruženja učesnicima u saobraćaju. Zadatak humanog inženjeringa u oblasti saobraćaja je dvojak. Odnosi se na praćenje, analiziranje i ponašanje korisnika na terenu te na analizu morfologije terena sa aspekta potreba korisnika. Cilj humanog inženjeringa je strategija, dizajn i implementacija novih kao i poboljšanje postojećih rješenja. Polazeći od mikrolokacija (poput izgradnje stambeno – poslovnog kompleksa) u nekom gradu, pružaju se kvalitetniji uslovi za život i rad i na okolnoj makrolokaciji. U radu su dati primjeri dobre prakse dostupni u evropskim i svjetskim gradovima, te se postavlja pitanje šta i kako može da se uradi u gradovima kod nas, a da ne izisikuje velike finansije. Po ugledu na svjetske zahtjeve koji održiva naselja odnosno gradovi ispunjavaju, u ovom radu je formirana šema principa humanog inženjeringa, koji bi se trebali ispuniti zarad boljeg saobraćajno – transportnog sistema.

**Ključne riječi:** *planiranje saobraćaja, istraživanja u saobraćaju, održivost, humani inženjering*

### 1. UVOD

Organizacija i eksploatacija prostora danas je ključna za obavljanje uobičajenih aktivnosti stanovništva u gradovima i podrazumijeva se prilagođenost tehničkog ka socijalnom aspektu. Posmatrajući infrastrukturu i građevine od uticaja na odvijanje saobraćaja u gradu treba uzeti u obzir njihove fizičke karakteristike, materijale korišćene za izgradnju,

dostignutu transformaciju u vremenu, lokaciju i sl. Proces planiranja saobraćaja, od začetne ideje do konkretne implementacije, obuhvata koordinaciju između stručnjaka više oblasti te donošenje strateških odluka i politika. Nije uvijek nužno zahtijevanje dodatnih finansijskih sredstva (prekoračenje planiranih troškova). Pojam "održiva mobilnost" objedinjava racionalno korišćenje prostora i tehnologija koje nudi



saobraćaj, za vršenje svakodnevnih putovanja u gradovima. Podrazumijeva korišćenje tzv. pametnih (eng. *smart*) i čistih (ekološko podobnih) tehnologija.

## 2. DEFINICIJA HUMANOG INŽENJERINGA

Pojam "humani inženjering" se prvi put formalno deklarirao 1911. godine, uticajem i razvojem sve veće industrijalizacije na tlu Sjedinjenih Američkih Država (SAD). Primarni koncept je zasnovan na koordinisanju među radnicima i njihovim potrebama, odnosno prilagođavanju uslova na radu. Kasnije, a naročito krajem 80 – ih i 90 – ih godina XX vijeka, "humani inženjering" se zasebno razvija u različitim oblastima (npr. medicina, prostorno planiranje, IT sektor itd.) i tako djeluje do danas [1]. Humani inženjering u tehničkim oblastima, predstavlja disciplinu čija je primjena usko vezana za prostor i okruženje. Deklarirao dizajn uređaja, sistema i fizičkih uslova sa kapacitetima i zahtjevima korisnika kako bi se povećala funkcionalnost, sigurnost i efikasnost [2]. Dakle, isti ima za cilj olakšavanje kretanja i boravka stanovništva uopšte pri svakodnevnim aktivnostima, na osnovu potreba uočenih prilikom socio – ekonomskih i saobraćajnih istraživanja [3].

## 3. SAVREMENA ISTRAŽIVANJA

Planeri u gradovima se suočavaju sa ogromnim pritiscima jer nastoje da odgovore današnjim izazovima mobilnosti. Porast mobilnosti nije prouzrokovan samo zbog porasta stanovništva nego i brzom urbanizacijom, širenjem gradova, klimatskim promjenama i sl. Sažeto su navedeni primjeri dobre prakse iz najrazvijenih zemalja svijeta i iz regiona, gdje su ispoštovani principi humanog dizajna i inženjeringa u svrhu održive mobilnosti u gradovima.

### 3.1. Aktuelno stanje u SAD i EU

Obzirom na istorijski značaj pojma humanog inženjeringa, očekivano je uspostavljena zakonska regulativa na teritoriji SAD. *Odjeljenje za pravosuđe SAD* 2010. godine, objavljuje tada reformisani američki predlog standarda za osobe sa invaliditetom čime su usvojeni "*Dizajn standardi po principu humanog inženjeringa*" za izgradnju i rekonstrukciju infrastrukture i objekata, za sve korisnike [4]. Zakonska regulativa je uspostavljena 2014. godine na nivou SAD od strane *Nacionalnog instituta za standardizaciju i tehnologiju* u saradnji sa *Odjeljenjem za državnu bezbjednost* prilikom čega su usvojeni *Opšti kriterijumi za integraciju ljudskih sistema za razvoj interfejsa između čovjeka i sistema, opreme i objekata* [5].

Evropa se smatra najurbanijim kontinentom, gdje je dvije trećine stanovništva koncentrisano u gradovima. Potrebe građana za boljim saobraćajnim sistemom i korišćenjem zemljišta se riješavaju kroz razne projekte. Mjerilima ARCADIS [6] izvršeno je rangiranje atraktivnih evropskih gradova prema izračunatom indeksu održive mobilnosti. Upoređivanjem korišćenih rješenja i ponude saobraćajnih sistema jasno je da je princip humanog inženjeringa apsolutno zastupljen. Procijenjena je efikasnost i pouzdanost gradskih transportnih sistema, uticaj na životnu sredinu i socijalni aspekt građana kroz 23 kriterijuma raščlanjena u tri ranga (socijalni faktor, ekonomski faktor i ekološki faktor). Saobraćajni sistem sledećih deset evropskih gradova je kompletno podređen ljudskim potrebama (ostvaruju najviše stepene održive mobilnosti): Ciri, Pariz, Prag, Beč, London, Štokholm, Frankfurt, Amsterdam, Kopenhagen, Minhen. Globalno gledajući, na listi 100 repernih gradova svijeta, prema indeksu održive mobilnosti, evropski

gradovi zauzimaju trećinu udjela. Primjena humanog inženjeringa je saglediva pri očuvanju kulturno – historijskih segmenata prostora uprkos modernim saobraćajnim sistemima kao i pristupu turističkim sadržajima. Kreiran je ugodan i funkcionalan ambijent. Glavni izazovi društva u Evropskoj uniji (EU) su izraženi u programima rada projekta HORIZON 2020, a naročito od značaja za ovu temu u projektu INSPIRATION (objedinjuje prostorno planiranje i korišćenje zemljišta u svrhu smanjenja troškova pojedinca i globalno) razvoj konceptualnog modela - kroz 17 članica EU [7]. NUVIT projekat (mreža održive urbane vitalnosti) je osnovan 2014. godine za finansiranje konkretnih radova u oblasti gradnje saobraćajno – transportne infrastrukture u više od deset članica EU, zasada. Poslednje dvije godine, organizacija promovise razna infrastrukturna rješenja koja su prvenstveno okrenuta željama građana o prilagođavanju prostora. Objekti u saobraćaju su dostupni, održivi i sigurni, a uložena sredstva se vraćaju smanjenjem troškova u ekološkom, socijalnom i sigurnosnom smislu. Postavlja se izazov za budućnost koji se ogleda u integraciji što više transportnih sistema na velikim razdaljinama bez barijera za korisnike, u fizičkom i političkom smislu (cilj je stvaranje vitalne i urbane Evrope kao cjeline) [8].

### **3.2. Aktuelno stanje u oblasti regiona**

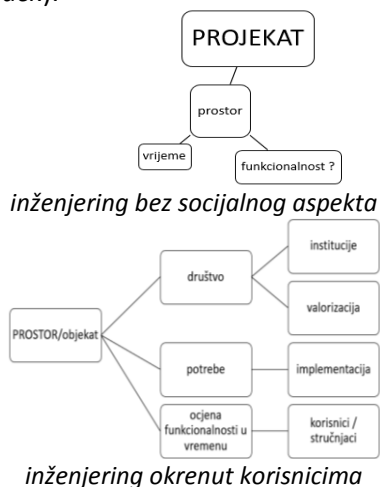
Pojam humanog inženjeringa na našim prostorima nije poznat široj javnosti. Ipak, još uvijek nedovoljno u praktičnom smislu, ali postoje primjeri dobre prakse, a naročito u prestoničkim gradovima i gradovima od turističkog značaja (npr. kvalitet i dostupnost javnog prevoza, projektovanje raskrsnica prilagođenost pješacima i biciklistima, adekvatno

organizovani parkinzi i sl.). Aktuelno je prevazilaženje problema zagušenosti centralnih djelova gradova, tako da postoji izražen aktivizam, kako u teorijskom tako i u praktičnom smislu. Radi se na regulisanju i ograničavanju kretanja putničkih automobila. U stručnim krugovima poznato je uspješno djelovanje mreže CIVINET na prostoru zemalja bivše Jugoslavije [9] koja je dio organizacije CIVITAS (bavi se rješenjima za poboljšanje održive mobilnosti u Evropskoj uniji [10]). Ipak, praktične rezultate su dale Slovenija i Hrvatska (članice EU), a zatim i Srbija gdje je realizovano više desetina projekata, kako bi se prevazišle barijere u prostoru odnosno rekonstruisala infrastruktura i objekti za sve korisnike primjenom inženjerskih rješenja koja su okrenuta ka korisniku. U Makedoniji i Bosni i Hercegovini je održano nekoliko skupova sa tematikom kreiranja održivosti gradova. U Crnoj Gori se radi na podizanju svijesti građana, tako što je 2016. godine predstavljena multidisciplinarna platforma *URBAN HUMM* [11] s ciljem kritičkog promišljanja prezentacije, očuvanja i interpretacije urbanih i javnih prostora u gradovima, gdje su dati predlozi za lokalne zajednice kojim bi se poboljšala održiva mobilnost (organizator EXPEDITIO [12]). Karakteristično za sve zemlje regiona jeste da stručnjaci iz oblasti planiranja saobraćaja poslednjih deset godina konstantno prate rad svjetskih i evropskih organizacija i promovisu korišćenje alternativnih vidova transporta u gradovima (biciklizam i javni prevoz). Ipak, problem nisu samo nedovoljne finansijske mogućnosti kod nas, nego i nerazvijena svijest građana i sukob javno – privatnog partnerstva. Mnogi projekti nakon realizacije na terenu i puštanja u rad, su morali biti prilagođeni principima humanog

inženjeringa, umjesto da je isto odmah odrađeno po idejnom planiranju.

#### 4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE U SRBIJI

Stanovanje, pružanje socijalnih usluga i vršenje svakodnevnih putovanja u gradovima Srbije treba da bude bezbjedno i jednako za sve. Na Slici 1 je šematski predstavljeno šta je potrebno uzeti u obzir pri dizajniranju objekta saobraćajne infrastrukture prema humanom inženjeringu. Uključivanjem humanog aspekta od početka ideje, dostiže se odgovarajući ekonomsko – ekološko – društveno koristan rezultat po konačnoj realizaciji. Cilj planera u svakom gradu treba da bude povratna informacija o uspješnosti implementiranog rješenja (tzv. *feedback*).



Slika 1: Primjena humanog inženjeringa

Koncept na kome je zasnovan humani inženjering se nalazi u Tabeli 1, gdje se prikazuje šta treba da pruži planer, a šta da zahtjeva korisnik. Proučavanjem literature u trendu, dat je sažet opis koordinacije interesnih strana pri sprovođenju humanog inženjeringa [14, 15]. Vidi se da je humani inženjering u službi održivosti, te primjena istog može biti samo pozitivno iskustvo za prosperitet društva, bez ugrožavanja okruženja. Inspirišu se donosioci politike i planeri da razvijaju transportno planiranje

koje je, počev od grada kao mikrolokacije, usmjereno ka nacionalnom razvoju (makro lokaciji), održivosti i socijalizaciji.

Tabela 1: Koncept humanog inženjeringa [14,15]

ULOGA	Planer	Korisnik
<b>potrebe</b>	javne	pojedinaac
	privatne	uži krug
	spoljašnje (tranzit)	širi krug
<b>objekat</b>	namjena	pristup
	sigurnost	komfor
<b>kriterijumi</b>	ekonomski	funkcionalnost
	ekološki	interdisciplinarnost
<b>validacija</b>	prijedlozi	dinamičnost
	moгуćnosti	razumijevanje
<b>izgradnja</b>	transparentnost	uključenost
	promocija	povjerenje
<b>rezultati</b>	referenca	kvalitet
	novi pristup	ambijent
	iskustvo	uštete
	preporuke	mobilitnost
<b>vrijednovanje</b>	mjerjenja na terenu	zadovoljstvo
<b>vrijeme</b>	ulaganje	stavovi i navike

Konačno, na osnovu proučavanja održive mobilnosti kroz dobre primjere prakse u gradovima SAD i EU, sagledavanjem faktora od značaja i fokusnim, ciljnim grupama kojima se upravljanja u gradovima - formirana je šema principa humanog inženjeringa, primjenljiva u našim gradovima (Tabela 2). Predlaže se posmatranje pomenute liste kao forme upitnika koja pokazuje u kojim oblastima i kako može da se utiče na kreiranje i održivost saobraćaja u gradovima kod nas. Korak po korak, potrebno je izraditi strategije, za svaki od osam principa. Potrebno je za svaki grad, izvršiti evaluaciju trenutnog stanja, zatim predlog mjera za izvođenje i mogućnosti sa predračunom troškova. Nakon svake aktivnosti, potrebno je pratiti stanje, odnosno vršiti monitoring na terenu. Nakon određenog vremena, sumarizovanja aktivnosti sa analizom koristi i rashoda, zaključilo bi se koje aktivnosti su lako prilagodljive i izvodljive za naše korisnike, a tako i koje aktivnosti možda nemaju značaja za naše gradove.

Tabela 2: Principi za uspješnu implementaciju humanog inženjeringa u našim gradovima

PRINCIP	moгуćnosti implementacije u gradovima	značaj za učesnike u saobraćaju
izvodljivost	<p>stambeni i poslovni objekti unutrašnje i vanjsko osvjjetljenje svi tipovi raskrsnica svi tipovi terminala za prevoz ljudi i dobara biciklističke staze pješačke zone i trotoari trgovi ulice parkovi – gradske zelene površine</p>	<p>Prilikom izgradnje, rekonstrukcije, održavanja i upravljanja sa objektima od posrednog značaja za funkcionisanje saobraćajnog sistema u gradu - potrebno je unaprijed razmišljati i planirati o načinima kasnijeg prilagođavanja ljudima (korisnicima)</p>
bezbjednost	<p>zone škole zone univerziteta zone stambenih blokova zone poslovnog okruženja zaštitne zone od istorijskog značaja zone radova na putu i na objektima zone odlaganja otpada zone odlaganja materijala i oruđa za rad redukcija saobraćajnih nezogoda svih tipova signalizacija i putevi u službi korisnika</p>	<p>Prilikom odvijanja saobraćaja u specifičnim uslovima, naročito područjima koji su mjesta atrakcije u gradovima, potrebno je sigurno i obezbjeđeno okruženje (kako bi se izbjegle bilo kakve nezgode i nesrećni slučajevi)</p>
dostupnost - veze	<p>prostor za rekreaciju prostor za kupovinu unutrašnji putevi za dostavu specifični koridori za radna putovanja putevi koji povezuju susjedna naselja pristupne saobraćajnice za mostove putevi za odlazak u vangradska naselja hidrotehnička mreža u gradu</p>	<p>Brzo korišćenje unutargradskih koridora i dostupnost (veza) sa vanjskim, radi kupovine, putovanja i gradske infrastrukture</p>
pristupačnost	<p>isključenje fizičkih barijera zdravlje etika rodna i starosna ravnopravnost reperi – nosioci grada</p>	<p>Objedinjavanjem prva tri principa dobija se jednakost i uopšte olakšano korišćenje za sve korisnike, što i jest polazna tačka "humanog inženjeringa"</p>
informisanost	<p>manifestacije za kulturu karakterističnost, tradicionalnost komunikacija - građani komunikacija – nadležne institucije pametne aplikacije za telefone i računare pametni paneli za informacije u gradu</p>	<p>Korisnici treba da u svkom trenutku jednostavno, brzo i sažeto, saznaju željene informacije. Svaka zajednica treba da bude otvorena za saradnju, usvajanje i razmjenu informacija</p>
koordinacija	<p>udruženi - lokalni – regionalni aktivizam mikrolokacija - makrolokacija komfor i kvalitet širenje grada zaštita flore i faune</p>	<p>Saobraćaj je živ sistem, neophodna je saradnja i koordinacija između svih gradskih institucija.</p>
prihvatljivost	<p>edukacija privreda računovodstvo prostorni planeri korišćenje materijala redukcija resursa koji su štetni</p>	<p>Potrebno je uskladiti lične i privatne potrebe u saobraćaju kroz projekte koji su od značaja za polaznu zajednicu, a i šire. Potrebno je premostiti probleme koji usporavaju razvoj okruženja za dobrobit korisnika kao pojedinca i korisnika kao dijela sistema</p>
zajedništvo	<p>urbani mobilijar zelene površine u gradu ekološki prihvatljiva sredina lokalni resursi pametne tehnologije (objekti i vozila)</p>	<p>Dijeljenje i olakšavanje svakodnevnih aktivnosti, kada se korisnici, direktno ili neposredno nalaze u saobraćajnom sistemu</p>

#### 4.1. Pravci daljih istraživanja

Aspekti humanog inženjeringa, koji se mogu primijeniti u saobraćaju, u ovom radu su više okrenuti ka planiranju. Tradicionalno, humani inženjering je nastao pojavom mašina, a danas postoji čitav koncept inteligentnih transportnih sistema i pametnih tehnologija (aplikacija) koje korisnicima saobraćajnog sistema pružaju pravovremene informacije (npr. javni prevoz, motorna vozila, sredstva informisanja, sredstva regulisanja) putem instaliranja posebnih uređaja.

#### 5. ZAKLJUČAK

Praksa je pokazala da u našim gradovima, savjeti lokalnih zajednica oragnizuju diskusije i tribine isključivo u slučajevima negodovanja na projekte lokalnih vlasti odnosno kada građani smatraju da su im interesi u prostoru ugroženi. Preporuka je da građani moraju uvijek da budu uključeni u procese planiranja prostora i saobraćaja mnogo prije formalnog predstavljanja projekta i konkretnog rada na terenu. Princip humanog inženjeringa može da zaživi jedino iniciranjem zajedničkog rada između interesnih grupa - građana i planera, te konstantnim praćenjem i valorizovanjem potreba stanovništva. Implementacijom odgovarajućih mjera saobraćajne politike postiže se efekt tzv. "pametnih gradova" [20] po ugledu na prestižne evropske gradove (podrazumjeva se korišćenje novih i čistih tehnologija za održavanje mobilnosti koja ne ugrožava prostor) odnosno "gradova sutrašnjice" (savršeno postignut balans između potreba stanovništva i ponude infrastrukture u prostoru koji daje kvalitetne mogućnosti za život i rad).

Dakle, nesporno je da princip humanog inženjeringa u praksi zahtjeva stalnu koordinaciju društva i nadležnih institucija

u cilju efikasnog rasporeda resursa i materijala prilikom planiranja, izgradnje i održavanja infrastrukture i objekata od značaja za saobraćaj i transport u gradu. Cilj održivosti humanog inženjeringa u saobraćaju je zaštita i unaprijeđenje postojećih vrijednosti prostora u skaldu sa dizajnom i implementacijom rješenja (spona klasičnog i socijalnog inženjerstva).

Korisnik saobraćajnog sistema uvijek optimizuje svoje vrijeme i troškove, a zahtjeva kvalitet.

#### LITERATURA

- [1] Derksen, Maarten. (2017). Histories of human engineering. Cambridge University Press. UK
- [2] Woodson, Wesley. (1997). Human engineering for equipment designers. University of California. USA
- [3] Shields, Rob & Podgorecki, Adam (2014). Social engineering – MQUP. Carleton University Press. Canada
- [4] ADA Standards for Accessible Design. (2010). Department of Justice. USA
- [5] Furman, Susanne; Theofanos, Mary & Wald, Hannah. (2014). National institute of standards and technology - Human Engineering Design Criteria Standards Part 1: Project Introduction. NIST, USA
- [6] <https://www.arcadis.com/en/global/our-perspectives/sustainable-cities-mobility-index-2017/> (avgust 2018)
- [7] <http://www.inspiration-h2020.eu/page/conceptual-model> (jul 2018)
- [8] [nuvit.eu](http://nuvit.eu) (avgust 2018)
- [9] <http://civinet-slohr.eu> (jul 2018)
- [10] <http://civitas.eu> (jul 2018)
- [11] [expeditio.org/city](http://expeditio.org/city) (jul 2018)
- [12] [expeditio.org](http://expeditio.org) (jul 2018)
- [13] Barford, Michael et all. (2018). Promoting sustainability through national transport planning. European

- Journal of Transport Infrastructure Research, 18(3), 250–261.
- [14] Ramani, Tara; Zietsman, Josias & Ridley Pryn, Marie. (2018). Towards sustainable transport planning in United States. European Journal of Transport Infrastructure Research, 18(3), 276 – 294.
- [15] smartcitiesdive.com (avgust 2018)

## SUMMARY

### SUSTAINABLE MOBILITY OF SERBIAN CITIES IN VIEW OF HUMANE ENGINEERING

**Abstract:** *The sustainable as trend in cities is been represented in recent years around the world and in Serbia, also. The practice of the most urban cities in the world is shown how to save more energy and money for traffics' users. The concept of human engineering is based on the phenomenon of mass industrialization at the beginning of the 20th century. It is referred on coordination between the users of the system (workers) and the infrastructure (mechanization, funds of work etc.). Primarily, the human engineering in field of traffic and transport is been focused on adapting a spatial environment to traffics' users. The task of human engineering in traffic is twofold. It is referred to the monitoring, analysis and behaviour of users and on the analysis of the morphology of the terrain. Main goals of human engineering are a strategy, a design and an implementation of new plans as well as the improvement of existing solutions. In the city as macro location, citizens can have better conditions for life and work. It is needed to start reforms from micro locations (such as building a residential or a business complex). This paper gives examples of good practice in European and global cities. There is a question: what and how it can be done in cities in our country without many finances? In this paper has been created diagram of the principles of human engineering, which should be checked for the better traffic and transport system in cities as in order to global demand.*

**Key words:** *traffic planning, researches in traffic, sustainable cities, humane engineering*



## PLAN ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI GRADA KRUŠEVCA- ISKUSTVA U IZRADI

**Jelena Nikolić**, dipl.inž.arh., Gradska uprava Kruševac, [jelena.nikolic@krusevac.rs](mailto:jelena.nikolic@krusevac.rs), [nikolicsjelena@gmail.com](mailto:nikolicsjelena@gmail.com)

**Predrag Arsić**, dipl.inž.saobr., Javno preduzeće za urbanizam i projektovanje Kruševac, [predrag.arsic@direkcijaks.rs](mailto:predrag.arsic@direkcijaks.rs)

**Rezime:** Izrada Plana održive urbane mobilnosti (POUM) je odraz promene u dosadašnjem načinu planiranja saobraćaja u kome su učestvovali samo stručnjaci iz oblasti planiranja saobraćaja, u proces u kome učestvuju različiti akteri (stručnjaci iz različitih oblasti, udruženja, institucije, građani i dr.).

POUM doprinosi postizanju balansiranja društvene jednakosti, kvaliteta životne sredine i ekonomskog razvoja. On predstavlja novi pristup za planiranje saobraćaja i ne zamenjuje, nego dopunjuje i nadovezuje se na postojeće strateške dokumente grada. Shodno tome, prilikom planiranja saobraćaja i urbanog razvoja na prvo mesto treba staviti pešačenje, zatim vožnju bicikla, javni prevoz, a potom korišćenje privatnih automobila na održiv način.

Sama izrada POUM-a predstavljala je izazov s obzirom da je Kruševac prvi grad u Srbiji, koji je izradio i usvojio ovaj dokument, a na državnom nivou ne postoji odgovarajuća regulativa iz ove oblasti, niti je postojala spoljna ekspertna pomoć.

**Ključne reči:** Plan održive urbane mobilnosti, planiranje, strategija

### 1. UVOD

Saobraćaj ne samo da zaslužuje stalnu pažnju prilikom razvoja urbanih politika, već ima i bitnu ulogu u obezbeđenju ekološke i ekonomske održivosti grada, kao i u urbanom razvoju. Javni život na ulicama je najbitniji parametar kvaliteta života u gradu, omogućava lokalno snabdevanje i utiče na socijalnu povezanost stanovništva. Kada posmatramo saobraćaj, polazna tačka je čovek, koji naseljava i koristi grad.

Dosadašnje planiranje saobraćaja i urbani razvoj na prvom mestu su stavljali motorni saobraćaj i korišćenje privatnih automobila. Ovaj trend je zastupljen i na nacionalnom i na lokalnom nivou. Rezultat ovakve prakse, dovodi do toga da je mašina stavljena ispred čoveka. Razvoj gradova i ispunjavanje zahteva današnjeg načina života dovode do konflikta između

starog načina planiranja i potreba savremenog društva. U prethodnom periodu prilikom izrade planskih dokumenata pešačenje i vožnja bicikle nisu tretirani ravnopravno sa motornim saobraćajem. Praksa je bila da se za širine trotoara određuju minimalne dimenzije, za kretanje bicikla koristi ista površina kao i za motorna vozila, veća se pažnja posvećivala za određivanje površina za parking mesta, nego za uređene zelene površine.

Plan održive urbane mobilnosti (u daljem tekstu POUM) je strateški dokument izrađen tako da zadovolji potrebe za mobilnošću ljudi, javnog i poslovnog sektora u gradu, kako bi se obezbedili bolji uslovi života na toj teritoriji. Zasniva se na postojećoj praksi planiranja i uključuje načela povezivanja različitih oblasti (urbani razvoj, saobraćaj, životna sredina, zdravlje, itd.),

učestvovanja aktera iz različitih institucija i udruženja kao i ocenjivanje predloženih rešenja.

Zbog čega koristimo reč mobilnost umesto saobraćaj? Ljudi uglavnom poistovećuju reč saobraćaj sa automobilskim saobraćajem, pri čemu zaboravljaju da sem automobilskog postoje i drugi vidovi saobraćaja, kao što su pešački i biciklistički saobraćaj, javni prevoz i dr. Rečju mobilnost želimo da istaknemo da treba razmišljati pre svega o kretanju ljudi, a ne vozila.

Održiva urbana mobilnost je zajednički element različitih oblasti, kao što su urbani razvoj, saobraćaj, životna sredina, zdravlje itd. Razvoj politika, koje su međusobno povezane, bi trebalo da bude trend u cilju unapređivanja kvaliteta života u gradu, naročito kroz obrazovanje, podizanje nivoa svesti, inovacije i urbanističko planiranje, uz izradu studija o mobilnosti, koje se bave novim urbanim razvojem.

Svrha POUM-a je da uspostavi strategije za održivi razvoj koje prikupljaju, razvijaju, objašnjavaju i konkretizuju ciljeve koji se tiču saobraćaja u svim strateškim dokumentima.

POUM ima holistički pristup saobraćaju i kretanju i pojašnjava kako se grad može razvijati na održiv način, odnosno sa manje negativnog uticaja na životnu sredinu, a sa povećanom ekonomskom i društvenom dobiti.

## 2. PROCES IZRADE POUM-A

Skupština grada Kruševca je u novembru 2015. godine donela Odluku o pristupanju izradi POUM-a, nakon čega je Gradsko veće rešenjem imenovalo članove Komisije za izradu ovog strateškog dokumenta. Komisiju su činili politički predstavnici grada, zaposleni iz različitih odeljenja Gradske uprave, predstavnici Javnog preduzeća za urbanizam i

projektovanje i Prve tehničke škole Kruševac. Pojedini članovi Komisije su ujedno i članovi Saveta za bezbednost saobraćaja grada Kruševca. Na predlog Komisije, Gradsko veće je formiralo i imenovalo radne timove (radni tim za saobraćaj i inovacije, radni tim za ekologiju i socijalni napredak i radni tim za uključenje javnosti).

U cilju procene sadašnjeg stanja i zahteva, kao i izrade akcionih planova za unapređenje svih vidova prevoza, prikupljeni su podaci od relevantnih institucija: Policijske uprave u Kruševcu, „Jugoprevoz Kruševac“ A.D, JP „Poslovni centar“, JP za urbanizam i projektovanje, Zavoda za javno zdravlje, Centra za osobe sa invaliditetom, Centra za socijalni rad, taksi prevoznika, odeljenja Gradske uprave. U proces izrade dokumenta, pored predstavnika pomenutih institucija, kao članovi radnih timova, bili su uključeni i predstavnici osnovnih i srednjih škola i predškolske ustanove, biciklističkih klubova, Agencije za regionalni razvoj Rasinskog okruga i dr.

Građani su putem medija, sajta grada, a i neposredno, tokom održavanja manifestacije „Vidovdanski eko dan“ u centru grada, upoznati sa izradom POUM-a. Putem ankete ispitani su stavovi građana i dobijene su informacije o:

- distribuciji kretanja prema svrsi kretanja
- raspodeli kretanja prema načinu prevoza
- socio-ekonomskim osobinama domaćinstava i njihovoj povezanosti sa kretanjima
- stavovima građana o pojedinim vidovima prevoza

Analiza problema, određivanje ciljeva i akcionih planova rađeni su po metodologiji „Riblja kost“.

Akcionim planovima su definisane mere, kojima želimo postići ciljeve i na osnovu kojih proizilazi razvoj projekata, kao i izvori sredstava za finansiranje.

Sama izrada POUM-a predstavljala je izazov s obzirom da je Kruševac prvi grad u Srbiji, koji je izradio ovaj dokument, a na državnom nivou ne postoji odgovarajuća regulativa iz ove oblasti, niti je postojala spoljna ekspertna pomoć.

Izrada POUM-a pratila je EU standarde za izradu Planova održive urbane mobilnosti (eng. Sustainable Urban Mobility Plan-SUMP), a prema zvaničnim smernicama, koje su dostupne na internet sajtu <http://www.eltis.org>.

Metodologija rada na razvoju POUM-a nadovezala se na iskustva pri izradi Programa energetske efikasnosti grada Kruševca 2015-2018 i Lokalnog programa zaštite životne sredine 2015-2024, koji su izrađeni u sklopu „EU exchange 4“ programa. U proces izrade ovih dokumenata bili su uključeni akteri iz različitih struktura grada i institucija.

Nakon završetka izrade POUM-a i sprovedene procedure za usvajanje, dokument je usvojen na sednici Skupštine grada Kruševca 27.11.2017. godine. Kompletan POUM, sa spiskom učesnika pri izradi dokumenta, moguće je naći na sajtu <http://www.krusevac.rs/>.

### **2.1. Inicijativa za izradu POUM-a i najznačajniji efekti**

Uključivanje u obeležavanje manifestacije „Evropska nedelja mobilnosti“ doprinelo je podizanju svesti iz ove oblasti i donošenju odluke Skupštine grada o pristupanju izradi POUM-a. Grad Kruševac je i ranijih godina na skroman način obeležavao „Dan bez automobila“ (samo jedan deo manifestacije), a 2015. godine po prvi put je pristupio organizaciji Evropske nedelje mobilnosti po svim

kriterijumima (organizovanje aktivnosti tokom svih sedam dana, promovisanje trajnih mera i organizovanje „Dan bez automobila“), koje je potrebno ispuniti da bi se konkurisalo za nagradu.

Privremeno zatvaranje dela glavne ulice (Ul. Vidovdanska) za motorni saobraćaj je mera, koju je većina građana s oduševljenjem prihvatila. Tokom 2015. godine deo glavne ulice je bio zatvoren za saobraćaj svih sedam dana tokom trajanja manifestacije Evropska nedelja mobilnosti u periodu od 18h - 22 h. Ova mera je 2016. godine trajala duže i deo glavne ulice je bio u ovom režimu saobraćaja od jula meseca do kraja septembra, na zahtev građana u 2017. godini ovakav režim se primenjivao od 01. juna i do početka oktobra, dok je u 2018. godine, na osnovu veoma pozitivnih reakcija, ovakvo uređenje bilo na snazi od 01. maja. Površinu oslobođenu od motornog saobraćaja najradije koriste deca za slobodne aktivnosti, vožnju rolera, trotineta i sl.

U okviru aktivnosti, koje su organizovane tokom trajanja Evropske nedelje mobilnosti, 2015. , 2016. i 2017. godine organizovane su tribine, okrugli sto i javna prezentacija na temu održive urbane mobilnosti i izrade POUM-a. Tribine su organizovane za srednjoškolce u prostorijama Prve tehničke škole Kruševac, a tema okruglog stola je bila namenjena privrednicima, te je održana u Regionalnoj privrednoj komori Kruševac kao i javna prezentacija.

### **3. ZAKLJUČAK**

Saobraćaj stvara vidljive i nevidljive barijere dajući osobama različitog pola, fizičkih i mentalnih sposobnosti, prihoda i starosti različite mogućnosti pristupa sadržaja u gradu. Urbanističko planiranje grada i saobraćaja koje omogućava da sadržaji budu dostupni većem broju ljudi,

doprinosi brisanju društvenih i socijalnih razlika i stvaranju jednakih uslova za sve građane. To znači da deca i mladi mogu lako i bezbedno doći do škole, da se roditelji sa decom u kolicima kreću bez barijera, da se osobe sa invaliditetom kreću samostalno i da se kretanje zaposlenih do radnih mesta i transport robe odvijaju nesmetano i brzo. Ovaj pristup omogućava da što više građana koristi gradska igrališta, trgove, ulice i parkove.

Izrada POUM-a je odraz promene u dosadašnjem načinu planiranja saobraćaja u kome su učestvovali samo stručnjaci iz oblasti planiranja saobraćaja, u proces u

kome učestvuju različiti akteri (stručnjaci iz različitih oblasti, udruženja, institucije, građani i dr.).

POUM doprinosi postizanju balansiranja društvene jednakosti, kvaliteta životne sredine i ekonomskog razvoja. On predstavlja novi pristup za planiranje saobraćaja i ne zamenjuje, nego dopunjuje i nadovezuje se na postojeće strateške dokumente grada. Shodno tome, prilikom planiranja saobraćaja i urbanog razvoja na prvo mesto treba staviti pešačenje, zatim vožnju bicikla, javni prevoz, a potom korišćenje privatnih automobila na održiv način.

## SUMMARY

### SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLAN OF THE CITY OF KRUŠEVAC- EXPERIENCE OF DEVELOPMENT OF THE DOCUMENT

**Abstract:** *The development of the Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP) is a reflection of the changes in the current practice of traffic planning, in which only experts in the field of traffic planning participated, in the process involving various actors (experts from different fields, associations, institutions, citizens, etc.).*

*SUMP contributes to achieving balance of social equity, environmental quality and economic development. It represents a new approach to traffic planning and does not replace, but complements and builds on the existing strategic documents of the city. Consequently, in the process of traffic and urban development, walking, cycling, public transport should be put into the first place, and then the use of private cars in a sustainable way*

*The creation of the SUMP itself was a challenge since Kruševac is the first city in Serbia that developed and adopted this document, and there are no appropriate regulations at the state level in this field, nor did it have external expert assistance.*

**Key words:** *sustainable urban mobility plan, planning, strategy*

## SUMP (POUM) - METOLOGIJA I PRIMER BEOGRADA (I FAZA)

**Zoran Rubinjoni**, *dis, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, rubi@cep.rs*

**Milica Minić**, *dia, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, milica@cep.rs*

**Snežana Dimitrijević**, *dis, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, dimitris@cep.rs*

**Goran Zimonjić**, *dis, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, goran@cep.rs*

**Rezime:** *Grad Beograd je, uz finansisku podršku UNDP-a, započeo ovaj proces izradom prve pripremne faze plana u kojoj je bio angažovan konzorcijum portugalskih konsultantskih firmi iz oblasti saobraćaja Parquexpo i TIS sa Centrom za planiranje urbanog razvoja kao lokalnim partnerom. U okviru prve faze je izvršena procena usklađenosti lokalnih zakona i planova sa načelima održivosti, strategijom transporta EU i principima održive mobilnosti, prepoznati su akteri koji imaju uticaj na regulisanje saobraćaja u gradu, izrađen je plan rada i komunikacije i data okvirna dinamika realizacije i mogući scenariji razvoja.*

*Rad na POUM-u treba da iskoristi sva dosadašnja istraživanja iz oblasti urbanog i saobraćajnog planiranja i definiše jasan koncept razvoja saobraćajnog sistema u skladu sa urbanim razvojem grada. Važne komponente ovog plana su stimulisanje kretanja javnim gradskim transportom, biciklima i pešačenjem, stimulisanje korišćenja električnog pogona kod individualnih i vozila javnog gradskog transporta, restrikcija kretanja teretnih vozila u centru grada i uspostavljanje robno transportnih terminala, integracija svih sistema javnog gradskog saobraćaja i izgradnja parkinga na važnim terminalima, podrška koncepta car shering sistema, i dr.*

*U ovom radu prikazane su osnove ELTIS metodologije, kao i nekoliko primera iz prve faze rada na SUMP-u za Beograd.*

**Ključne reči:** *POUM Beograda, integrisano planiranje, održiva mobilnost, CEP, ELTIS*

### 1. UVOD

Urbanističko i saobraćajno planiranje gradova su u poslednjih nekoliko decenija bili usko povezani ali nedovoljno integrisani. Transportni sistemi i saobraćaj su, kao posledica, češće pratili urbani razvoj gradova nego što su ga usmeravali.

Koncept razvoja gradova danas dobija drugačiji pristup tako da se kao imperativ javlja integrisano planiranje gradova po meri čoveka, sa fokusom na smanjenje negativnih uticaja razvoja na životnu sredinu i smanjenje potrošnje energije.

### 2. CENTAR ZA PLANIRANJE URBANOG RAZVOJA - CEP

CEP je još od davnih sedamdesetih godina angažovan na planiranju i projektovanju humanijih gradova.

Urbanističko savetovanje koje CEP organizuje od 1976. god. - KOMUNIKACIJE, je imalo više puta kao temu razvoj gradova po meri ljudi koji u njemu žive. Naslovi savetovanja (Umereni grad, Grad po meri čoveka, Pešačke ulice i zone, Grad ugodan za življenje, Ekologija i planiranje gradova, Urbana reciklaža, Gradovi na vodi,... ) sami po sebi govore o konceptu koji je CEP od osnivanja zastupao.





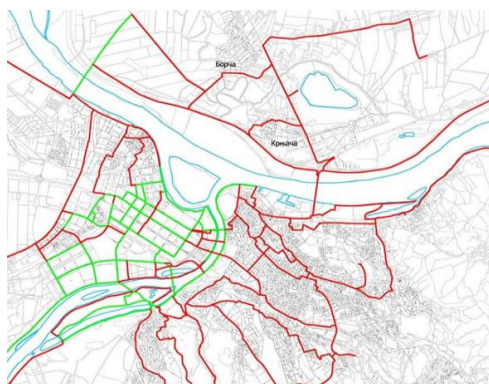
Slika 1: Aktivnosti CEPA kao preteča POUMa

Pored rada na teorijskom podizanju svesti planera, projekatnata i stanovnika gradova, CEP je u svojim planovima i projektima uvek naglašavao potrebu da se favorizuju nemotorizovana kretanja i ohrabruje pešačenje, bicikliranje i korišćenje javnog prevoza.

CEP je uradio prve studije razvoja mreže biciklističkih staza za Beograd i projekt prve biciklističke staze u Beogradu. Kasnije je učestvovao u izradi brojnih projekata daljeg razvoja mreže za bicikle u Beogradu.

CEP je takođe učestvovao u izradi studija i projekata rekonstrukcije gradskih

trgova i ulica u pešačke prostore - od Kraljeva devedesetih godina do studije proširenja pešačke zone Knez Mihajlove u Beogradu 2017. godine.



Slika 2: Primeri projekata razvoja biciklizma

### 3. Eltis EUROPEAN LOCAL TRANSPORT INFORMATION SERVICE (ELTIS)

Evropska lokalna informativna služba (ELTIS) je neprofitni evropski portal za vesti i događaje u lokalnom saobraćaju, mere prevoza, politike i prakse implementirane u gradovima i regijama u Evropi.

ELTIS omogućava razmenu informacija u oblasti gradskog prevoza i mobilnosti. To je inicijativa Generalne direkcije Evropske komisije za energetiku i saobraćaj (sada podeljena na energetiku, i mobilnost i transport).

Formirana je da poboljša mobilnost, efikasnost transporta i sigurnost i smanji uticaj transporta na životnu sredinu. Na sajtu se nalaze vesti o gradskom prevozu i mobilnosti, politike i inicijative Evropske

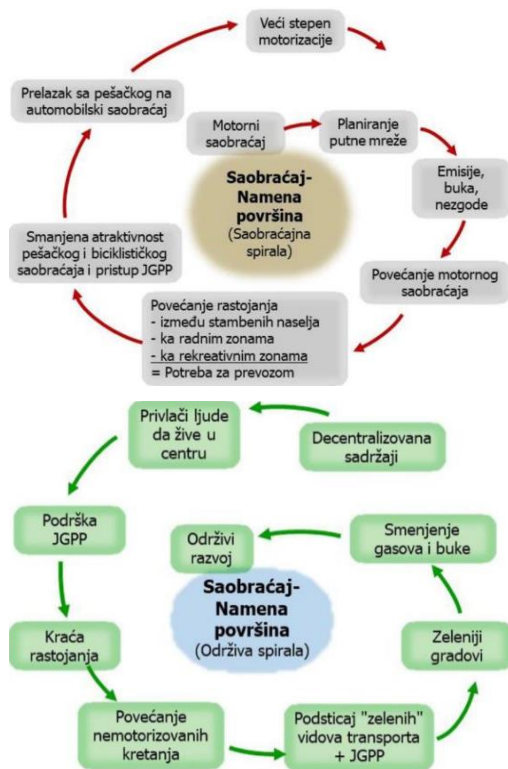


komisije, otvoreni projektni pozivi i tenderi, alati za korisnike, studije slučaja u gradskom saobraćaju, nastavni i edukativni materijali i platforma za komunikaciju.

Na portalu ELTISA se redovno objavljuju ažurirane metodologije, informacije o stručnim skupovima i primeri iz dobre prakse. Jedan od osnovnih projekata ELTISA je implementacija SUMP-a.

#### 4. SUMP

Novi koncept nazvan SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLANS (SUMP) ili u prevodu PLANOV I ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI (POUM) daje kvalitativno različit pristup planiranju gradova u odnosu na klasične koncepte planiranja saobraćaja u gradovima.



Slika 3: Saobraćajna i održiva spirala

Osnovna razlika u odnosu na klasične koncepte planiranja saobraćaja u gradovima je integrisano urbanističko i

saobraćajno planiranje sa uključivanjem javnosti u svim fazama planiranja. Osnovna ideja je da se gradovi organizuju, planiraju i projektuju tako da ohrabruje kretanje nemotorizovanim načinom i javnim gradskim i prigradskim saobraćajnim sistemima, a destimuliše korišćenje individualnih putničkih automobila. Cilj je da se spirala povećanja posedovanja i korišćenja putničkih automobila koja nastaje u razvoju gradova zaustavi i pokrene suprotna održiva spirala (slika 3).

ELTIS je bio investitor izrade metodologije izrade SUMP-ova (Metodologiju je izradila firma Ruprecht Consult).



Slika 4: ELTIS publikacije

#### 5. SUMP BEOGRAD - PRVA FAZA

Projekat je započet krajem 2011. god. uz podršku UNDP-a, tadašnjeg Ministarstva životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja i grada Beograda (kroz Direkciju za građevinsko zemljište i izgradnju i Sekretarijat za saobraćaj). Na ovom poslu je angažovan konzorcijum portugalskih konsultantskih firmi iz oblasti saobraćaja Parquexpo i TIS sa Centrom za planiranje urbanog razvoja kao lokalnim saradnikom.

Koncept Plana održivog urbanog transporta (ili SUTP-a) se zasniva na

unapređenju funkcionisanja saobraćaja u gradu, kroz sagledavanje postojećeg stanja infrastrukture i potreba građana, i davanje mera za njegovo poboljšanje i smanjenje negativnih uticaja saobraćaja na životnu sredinu, smanjenje potrošnje energije i uređenje grada koji će biti pogodan i prijemčiv za život. Te mere se odnose na upravljanje mobilnošću i promene navika i ponašanja ljudi kako bi postojeći kapaciteti bili optimalno iskorišćeni, kao i pravljenje planova i dinamike za izgradnju i poboljšanje infrastrukture.

Ova vrsta plana je izrađena za mnoge gradove u kojima se javila potreba za artikulisanjem saobraćajnog i urbanističkog razvoja, kako bi se fokus vratio na čoveka, njegove potrebe i probleme i kako bi se podigao kvalitet života.

Beograd ima sve preduslove za izradu jednog ovakvog plana kada se gleda sa pravnog i planskog stanovišta. Postoji grupa zakona i podzakonskih akata kojima se regulišu pitanja iz oblasti saobraćaja, planiranja i izgradnje kao i set „zelenih zakona“ kojima je pokriveno pitanje zaštite životne sredine. Usvojeni su Prostorni plan Beograda, Strategija razvoja grada, GUP Beograda, Plan generalne regulacije građevinskog područja sedišta lokalne samouprave – Grad Beograd i izrađen je Transportni master plan - strateški dokument koji se bavi razvojem saobraćajno-transportnog sistema grada i planiranjem kapitalnih rekonstrukcija primarne ulične mreže.

Principi održive mobilnosti koji treba da budu utkani u Plan održivog urbanog transporta se odnose na:

- Obezbeđenje dobre povezanosti svih delova grada i pristupačnosti za sve grupe korisnika,
- Uspostavljanje dobrih veza između različitih vidova saobraćaja,

- Poboljšanje usluga javnog gradskog prevoza,
- Obezbeđenje ekonomske održivosti saobraćajnog sistema,
- Promovisanje nemotorizovanih vidova saobraćaja, kao i racionalno korišćenje motorizovanih vozila,
- Smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu kroz promovisanje eko-vožnje, upotrebu vozila koja manje zagađuju, povećanje popunjenosti vozila i sl.,
- Usklađivanje planova za novu izgradnju i širenje grada sa planovima za razvoj saobraćajne mreže,
- Uključivanje svih nadležnih struktura u sprovođenje plana, i
- Bolje informisanje javnosti o promenama i radu saobraćajnog sistema i njihovo uključivanje u proces odlučivanja.

Upravljanje mobilnošću (Mobility Management - MM) je ključni koncept za promovisanje održivog transporta i uticanje na navike za korišćenjem automobila kroz promenu stavova i ponašanja učesnika u saobraćaju. Upravljanje mobilnošću ne zahteva nužno velika finansijska ulaganja i može biti isplativo. Mere upravljanja mobilnošću obično dolaze u paketu - kao kampanje koje imaju za cilj da informišu uz novu infrastrukturu, politiku cena ili propise.

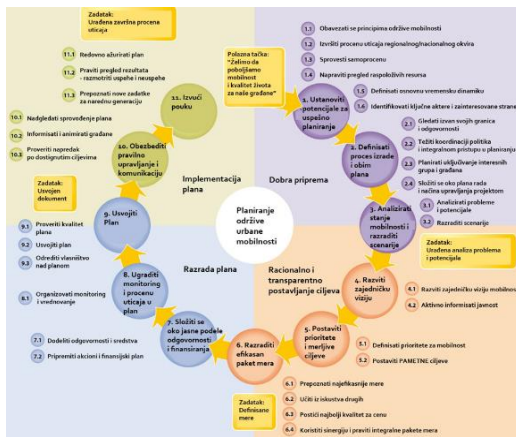
Planiranje održivog transporta u gradu se sastoji iz 4 faze, a to su:

1. Dobra priprema, koja podrazumeva analizu postojećeg stanja, problema i potencijala, pregled raspoloživih resursa i prepoznavanje ključnih aktera;
2. Postavljanje ciljeva i prioriteta, i definisanje mera kojima bi se oni postigli;
3. Razrada plana, koja podrazumeva podelu odgovornosti i nadležnosti

među ključnim akterima, organizaciju njihove saradnje i praćenja realizacije, i konačno usvajanje plana; i

4. Implementacija plana, nadgledanje njegovog sprovođenja, ažuriranje, postavljanje novih zadataka i pregled rezultata.

Ceo SUTP ciklus je prikazan na narednom grafikonu.



Slika 5: Metodologija SUMP-a (POUM)

Predložena studija je pokrenuta sa opštim ciljevima:

- Proceniti i vrednovati potencijal za uspešan SUTP Beograda;
- Definisati proces razvoja i obim plana;
- Analizirati situaciju mobilnosti i razvoj transportne mreže, vidova i obrazaca saobraćaja i obezbediti scenarije razvoja za Beograd;
- Uspostaviti stalnu interakciju i saradnju relevantnih lokalnih, nacionalnih i regionalnih aktera;
- Relizovati SUTP Beograda i unaprediti sve planske dokumente, što će olakšati Direkciji za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda realizaciju planova.
- Kada je reč o Beogradskom planu, završena je prva pripremna faza, u okviru koje je:
- Izvršena procena usklađenosti lokalnih zakona i planova sa načelima

održivosti, strategijom transporta EU, i principima održive mobilnosti,

- Prepoznate su zainteresovane strane i akteri koji imaju uticaj na odvijanje saobraćaja u gradu i izvršena je analiza njihovih nadležnosti, međusobne saradnje i raspoloživog kadra,
- Izrađen je plan rada i komunikacije i data je okvirna dinamika za realizaciju plana, i
- Dati su mogući scenariji razvoja i daljih koraka i prognoze u zavisnosti od toga da li će se i u kojoj meri dalje raditi na SUTPu.

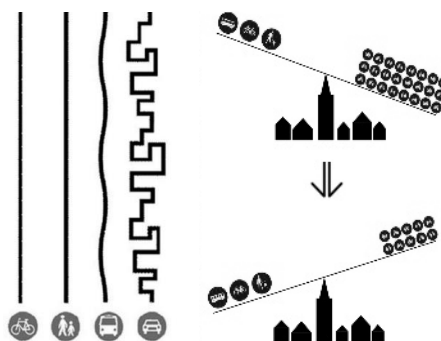
U sledećoj, drugoj fazi SUTP-a Beograda se planira postavljanje ciljeva i prioriteta razvoja i unapređenja gradske saobraćajne mreže uz ažuriranje SMARTPLAN-a. Ovim će se omogućiti prepoznavanje problema i bolje planiranje ulaganja u ključne gradske projekte, kao i bolja koordinacija između relevantnih gradskih institucija i privatnog sektora uz obavezno uključivanje javnosti.

Korist koju bi grad imao od Plana održivog urbanog transporta je podizanje kvaliteta života, smanjenje negativnih uticaja od saobraćaja na životnu sredinu, unapređenje saobraćajne mreže, dostupnost i pristupačnost za veći broj građana, izbegavanje mogućih konflikata time što su sve strane uključene i saraduju u realizaciji, lakše sprovođenje ekoloških programa i usaglašavanje sa smernicama Kjoto protokola, regionalnom politikom EU i stvaranje uslova za pristup evropskim fondovima.

## 6. UMEMO ZAKLJUČKA

Istorijski posmatrano koncepti u vezi sa održivim planiranjem saobraćaja ili mobilnosti nisu nepoznati na ovim prostorima i u našoj planerskoj i inženjerskoj teoriji i praksi su razmatrani i primenjivani u zavisnosti od mogućnosti.

Posmatrano iz tog ugla, potencijal za prihvatanje metodologija održivog planiranja urbane mobilnosti i njihove kvalitetne primene u Srbiji nisu zanemarivi.



## SUMMARY

### SUMP (POUM) - METHODOLOGY AND THE EXAMPLE OF BELGRADE (I PHASE)

**Abstract:** *Urban and traffic planning of cities have been closely interconnected, but insufficiently integrated in the last few decades. Consequently, transit systems and traffic more often followed the urban development of cities than they led it.*

*The concept of city development today has a different approach with an imperative on integrated planning, and focusing on reducing the negative environmental impacts and energy consumption*

*A new concept called SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLANS (SUMP) provides a new approach to city planning. The basic difference from the classical concept is integrated urban and traffic planning with public involvement at all stages of planning.*

*The city of Belgrade, with the financial support of UNDP, started this process by creating the first preparatory phase of the plan in which the Portuguese consulting companies in the field of transport Parquexpo and TIS were engaged with the Center for Urban Development Planning - CEP as a local partner. Within the first phase, there was the assessment of the compliance of the principles of sustainability, the EU transport strategy and the principles of sustainable mobility with local laws and plans, the identification of the actors who have an influence on the regulation of traffic in the city, and a plan of work and communication has been developed with the dynamics framework and possible scenarios of development.*

**Key words:** *SUMP of Belgrade, integrated planning, sustainable mobility, CEP, ELTIS*

## TEMATSKIE RADIONICE KAO ZNAČAJAN IZVOR PODATAKA U PLANOVIMA ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI

**Vladimir Đorić**, *Saobraćajni fakultet, Beograd, v.djoric@sf.bg.ac.rs*

**Nenad Branković**, *Gradska uprava Valjeva, nbrankovic@valjevo.org.rs*

**Rezime:** *U Evropi je izrada planova održive urbane mobilnosti (POUM) postala standardna procedura planiranja razvoja transportnih sistema gradova. Metodologije su različite ali principi na kojima se zasnivaju su veoma slični, u smislu postojanja ključnih elemenata kao što su procena mogućnosti za realizaciju plana, analiza stanja, definisanje vizije, ciljeva i mera, primena mera i odgovornost za sprovođenje, praćenje efekata, korekcija u kontekstu kružnog metodološkog pristupa zasnovanog na učenju. U radu će akcenat biti stavljen na ključnu karakteristiku ovih planova koja se odnosi na uključivanje širokog spektra zainteresovanih strana u proces planiranja i koristi koje taj pristup donosi u kvalitativnom smislu. Konkretni rezultati jedne od radionica koja je sprovedena u Valjevu (u okviru izrade POUM) su predstavljeni u oblasti definisanja vizije, ciljeva i mera.*

**Ključne reči:** *plan održive urbane mobilnosti, zainteresovane strane, radionice*

### 1. UVOD

Plan održive urbane mobilnosti Valjeva se izrađuje iz fonda projekta „City walk“ - Gradovi za pešake koji se realizuje u okviru inter-regionalnog dunavskog programa koji se finansira iz Evropskog fonda za regionalni razvoj (ERDF) i instrumenta pretprijetne pomoći (IPA).

Osnovni cilj projekta je poboljšanje ključnih uslova pešačenja, kao sredstva urbane mobilnosti. Specifični ciljevi se odnose na: (1) Povećanje bezbednosti saobraćajnih mreža i kvaliteta života u urbanim područjima, (2) Poboljšanje integrisane upotrebe održivih vidova transporta u urbanim sredinama i (3) Smanjenje emisije CO<sub>2</sub> uzrokovane saobraćajem u urbanim područjima.

Neki od osnovnih rezultata koji su ostvareni u prethodnom periodu trajanja projekta u zemljama dunavskog regiona se odnose na analizu stanja pešačenja u gradovima Dunavskog regiona i urađen vodič čiji je sastavni deo metodologija za planiranje unapređenja pešačenja.

Realizacija projekta podrazumeva različite akcije poput: promotivnih akcija u vezi sa pešačenjem i biciklizmom, projektovanje tematskih trasa, izgleda i oblika turističke signalizacije, edukativnih programa za decu i sl. Težiće se uspostavljanju partnerstva u javnom, privatnom i nevladinom sektoru, unapređenju mogućnosti pešačenja, povećanju korišćenja aktivnih načina kretanja, smanjenju negativnog uticaja na životnu sredinu, promeni stila života i podizanju svesti.

Posledično Plan održive urbane mobilnosti grada Valjeva treba da definiše ključne pravce razvoja pešačkih zona, pešačkog i biciklističkog saobraćaja, kao i drugih oblika urbane mobilnosti u gradu Valjevu.

Plan će biti polazna osnova za konkurisanje za sredstva iz fondova Evropske unije, radi unapređenja pre svega infrastrukture neophodne za pešake, bicikliste, osobe sa invaliditetom i javni prevoz.



## 2. METODOLOGIJE IZRADE PLANOVA ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI

U dokumentu evropske unije „Plan puta za jedinstveni evropski saobraćajni prostor - ka konkurentnim i resursno efikasnijim transportnim sistemom“ sugeriše se istraživanja mogućnosti izrade planova urbane mobilnosti kao obaveznim pristupom za gradove odeđene veličine, u skladu sa nacionalnim standardima baziranim na smernicama Evropske unije. Kao posledica toga razvijena je jedinstvena metodologija koja je u formi uputstva za izradu i primenu objavljena 2013. godine.

Metodologija se realizuje kroz četiri faze i više koraka koji ih sačinjavaju [1]:

1. Dobra priprema, koja sadrži utvrđivanje potencijala područja kako bi se došlo do uspešnog plana održive mobilnosti, obuhvata plana, analize stanja i razvoja scenarija.
2. Racionalno i transparentno postavljanje ciljeva koja se zasniva na postavljanju zajedničke vizije, postavljanju ciljeva i definisanju mera.
3. Razrada plana se sastoji od definisanja odgovornosti i mogućnosti finansiranja, monitoringa i procene uticaja plana i usvajanja plana.
4. Implementacija (primena) plana se odnosi na proces upravljanja i komunikacije pri sprovođenju plana i učenja na greškama da bi se unapredio plan.

Postoje i razne druge metodologije koje se u osnovi baziraju na održivom planiranju saobraćaja. Jedna od njih je Simbiositi metodologija sa sledećim koracima [2]:

1. Organizacija procesa planiranja
2. Analiza postojećeg stanja
3. Identifikovanje ključnih pitanja i postavljanje ciljeva
4. Izrada rešenja
5. Izrada strategije primene.

Metodološki pristupi su veoma slični što znači da se baziraju na istim principima uključivanja zainteresovanih strana, obuhvatanja što šireg spektra uticaja socijalnog, ekonomskog i ekološkog iz domena i kombinovanja različitih mera za postizanje prihvatljivije mobilnosti po meri čoveka.

Još jedna u nizu metodologija predstavljena je u okviru projekta Dunavske saradnje „CityWalk“ [3]. Metodologija se bazira na istim principima sa akcentom na unapređenje pešačenja u gradovima.

Proces održivog planiranja saobraćaja i unapređenja uslova pešačenja sadrži dva glavna nivoa planiranja:

- Strateško planiranje unapređenja pešačenja na nivou grada (izrada Plana održive urbane mobilnosti POUM (eng. SUMP)), koji se odnosi na čitav grad i predstavlja strateški okvir delovanja u ovom segment transportnog sistema. Cilj povećanje procenta nemotorizovanih načina kretanja sa akcentom na pešačenje kao i identifikovanje zajednica ili naselja (delova grada) u kojima se mogu postići konkretni rezultati.
- Operativno planiranje na nivou zajednica ili naselja (Plan unapređenja pešačenja na nivou naselja) radi identifikovanja specifičnih poboljšanja koja su potrebna u određenom delu grada.

U kontekstu prostorne obuhvatnosti plana ova metodologija pretpostavlja spuštanje i na niži nivo obuhvata odnosno nivo naselja za koji su predviđeni posebni načini utvrđivanja stanja saobraćajnog sistema za realizaciju pešačkih kretanja.

Cilj je integracija javnog prevoza, pšačenja i biciklizma tako da mogu biti konkurentni i zdraviji u odnosu na putnički automobil. Transportni sistem treba da



bude bolje povezan i bolje integrisan na urbanim i ruralnim područjima grada, kao i da proizvodi manje negativne efekte na životnu sredinu. Stoga je povezanost i pristupačnost ključna što treba da stvori življe i atraktivnije gradske centre.

### **3. PLAN ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI I UNAPREĐENJA PEŠAČENJA U VALJEVU**

S obzirom da se plan realizuje iz fondova Dunavske saradnje biće korišćena metodologija koja je rezultat „CityWalk“ projekta. Valjevo spada u grupu manjih gradova, tako da će pomenute dve vrste planova (strateški i na nivou naselja) biti izrađene radi testiranja metodološkog pristupa. U ovom radu će fokus biti na strateškom delu i to na primenljivosti i rezultatima koji se mogu dobiti korišćenjem

Strateško planiranje unapređenja pešačenja na nivou grada sadrži:

- Definisanje vizije u vezi sa ključnim pitanjima pristupačnosti i glavnim pravcima razvoja urbanog transportnog sistema (uzimajući u obzir socio-ekonomske i ekološke aspekte),
- Globalni pravci razvoja pristupačnosti (prostornih veza) između glavnih delova i funkcionalnih zona grada,
- Strategija razvoja održivih oblika mobilnosti, odnosno, pravci razvoja pešačkog i biciklističkog saobraćaja kao i drugih održivih vidova transporta i
- Strategija razvoja tradicionalnih oblika mobilnosti (motornog saobraćaja).

Svrha strateškog plana jeste identifikacija glavnih sistemskih problema i određivanje opštih pravaca za njihovo rešavanje. Osnovna strateška opredeljenja se odnose na elemente transportne politike kojima treba da se obezbedi vidovna preraspodela između

nemotorizovanih i motorizovanih načina prevoza.

Izrada plana u svim metodologijama u ranim fazama sadrži analitički deo u kome se analizira transportni sistem u odnosu na strukturu korišćejna zemljišta i urbanističku formu Valjeva. Načini na koji se to radi mogu biti različiti ali je opšti utisak da je definisan minimum potrebnih istraživanja ali da je poželjno proširiti set potrebnih podataka u zavisnosti od lokalnih specifičnosti područja.

Analizom stanja treba da budu identifikovana glavna pitanja urbane (prostorne) i socio-ekonomske strukture grada koja predstavljaju probleme u kontekstu urbane održivosti saobraćaja. U tom kontekstu biće u svim metodologijama je naglašen značaj vidovne raspodele na nivou grada.

Kvalitetna analiza stanja transportnog sistema (i uopšte urbanog) treba da omogući definisanje zajedničke vizije razvoja, odnosno perspektivna slika transportnog sistema grada kroz glavne probleme koje je potrebno rešiti na nivou grada, glavne smernice i opšte intervencije za rešavanje problema kako bi se obezbedila održiva mobilnost.

U izradu strategija unapređenja transportnog sistema treba da budu uključeni stanovnici, predstavnici lokalne vlasti, lokalne institucije koje se bave planiranjem saobraćaja i prostora, nevladine organizacije, grupe građana, klubovi (biciklistički itd.) i sve zainteresovane strane koje prepoznaju da imaju interesa u rešavanju problema mobilnosti u gradu.

#### **3.1. Princip uključivanja zainteresovanih strana**

Metodologije izrade planova održive urbane mobilnosti predviđaju uključivanje svih zainteresovanih strana u proces. U tu

svrhu se čak pravi i plan uključivanja zainteresovanih strana koji veoma detaljno razmatra trenutak, način i obim uključivanja pojedinačnih učesnika. Veoma često se u tom kontekstu organizuju tzv. tematske radionice na kojima se prikupljaju informacije i mišljenja aktera o određenim temama.

Za potrebe izrade plana u Valjevu predviđen je niz radionica. Tradicionalno organizuje se (1) Početna radionica (eng. kick-off meeting ) koja predstavlja formalni početak projekta. Zatim je predviđena (2) informativna radionica u kojoj se nastoji da se što širi skup zainteresovanih objedini uključujući i predstavnike medija tako da bi se u najvećoj meri raširile osnovne ideje, ciljevi i koristi koje lokalna zajednica može imati.

Usled kraćih rokova koji su predviđeni za realizaciju celog plana (i potrebe za čestim radionicama) postoji realna opasnost da realizacija radionica bude neuspešna u smislu malog broja učesnika. Zato je u okviru prethodno navedene radionice realizovan praktični deo, čiji je cilj bio (3) prikupljanje podataka za definisanje vizije i ciljeva. Iskorišćena je masovnost skupa koja je neophodna za informativnu radionicu da bi se prikupili podaci o raznovrsnosti mišljenja o osnovnim problemima tj. ciljevima urbane mobilnosti koji vode ka viziji grada.

Planom je predviđena i radionica za definisanje mera koja predviđa prezentaciju prikupljenih podataka kao preduslov za diskusiju i korekciju mera koje su osnova strateškog plana.

Svakako je jedna od osnovnih aktivnosti prikupljanje opsežnog seta različitih mišljenja koja treba da doprinesu otkrivanju svih aspekata problema mobilnosti u gradu. Zato će u narednom poglavlju biti prikazan deo podataka koji je prikupljen u radionici koja se odnosila na

ciljeve, primarne i specifične probleme u Valjevu.

#### 4. PRELIMINARNI REZULTATI RADIONICE

Radionica za definisanje stavova o osnovnim ciljevima, primarnim i specifičnim problemima je okupila oko 30 učesnika svih zainteresovanih strana iskoristivši njihovo prisustvo na informativnom delu radionice. U uvodnom delu su predstavljeni neki konkretni podaci koji se odnose na saobraćajni sistem Valjeva kao što su podaci o: raspodelama u odnosu na način, svrhe i vreme kretanja, kao i ostalim karakteristikama kretanja, strukturi saobraćaja na transportnim mrežama grada, ideje o potrebnim pravcima razvoja sadržane u postojećim planovima itd. Ovaj deo je trebalo da podstakne učesnike na razmišljanje i nakon objašnjenja odnosa koji važe između vizije i primarnih problema, specifičnih problema i ciljeva i uzroka problema i mera, omogući da aktivno doprinesu kvalitetu podataka.

Sumiranjem rezultata radionice dobijeni su glavni elementi vizije koji su predstavljeni u Tabeli 1.

*Tabela 1: Elementi vizije*

---

<i>Aktivna kretanje (mobilnost) signalizacijom</i>
<i>Ravnopravnost načina kretanja i integracija</i>
<i>Inkluzija</i>
<i>Humaniji grad podređen čoveku</i>
<i>Bezbedan grad za bicikliste</i>

---

Navedeni elementi vizije su definisani u kontekstu najznačajnijih želja koji su složeni po snazi:

1. zdrava sredina
2. infrastruktura za bicikliste
3. potreba za novim pešačkim pravcima i oslobađanjem površina za pešačenje od parkiranih vozila.

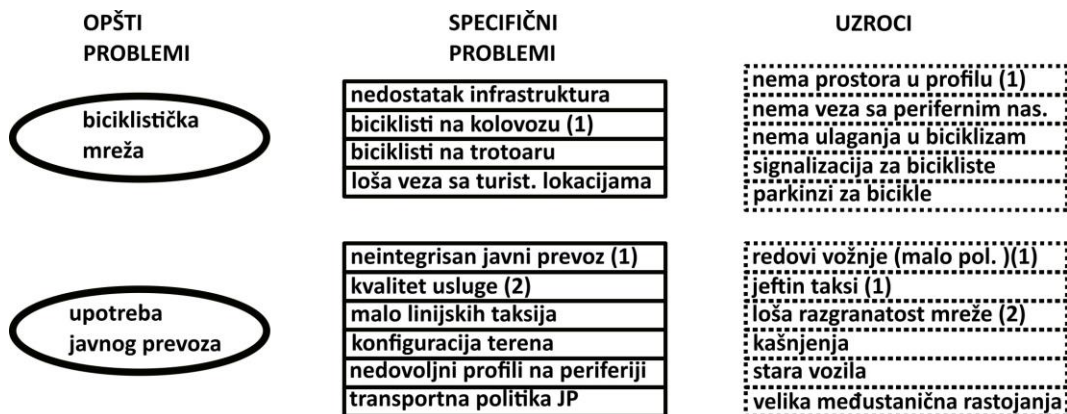
Tabela 2: Opšti problemi i značaj

<b>Problem</b>	<b>Ocena</b>
Biciklistička mreža	8
Malo korišćenje JP	7
Stavovi	7
Nedostatak pešačkih staza	7
Parkiranje	7
Zagađenje	7
Previše automobila	5
Neregulisan saobraćaj	4
Održavanje	3
Politički	3
Nedostatak garaža (uređenih vanuličnih parkirališta)	2
Namena površina	2

Ispitanici su u tom kontekstu definisali veliki broj opštih problema koji su prikazani u Tabeli 2. U koloni ocena naveden je težinski faktor svakog od navedenih problema.

Pored u tabeli navedenih problema pomenuti su i problemi siromaštva, nerešenih imovinsko-pravnih odnosa, bezbednosti, javnih službi i institucija, primene planiranih intervencija.

Na slici 1 prikazana je razgranata forma prva dva navedena opšta problema u odnosu na specifične probleme koji proizilaze iz opšteg problema i uzroka koji su navedeni u vezi sa konkretnim problemima.



\*(1) - oznaka predstavlja prioritet u odnosu na ostale navedene stavke

Slika 1: Primer niza opšti problem – specifični problem -uzrok

Primarno mesto u navedenim problemima zauzima biciklistička mreža. Podaci preliminarnih istraživanja i pregleda postojećih podataka pokazuju značajno korišćenje bicikle kao prevoznog sredstva iako infrastruktura namenjena samo biciklistima uopšte ne postoji. Bicikl se koristi za više od 10% dnevnih kretanja. Učesnici prepoznaju taj problem, ali je ta činjenica isto tako i uzrok pojavljivanja biciklista na kolovozu i trotoaru. Izdvojila se i loša veza sa turističkim objektima.

Uzroci navedenih problema su takođe naznačeni na slici i nalaze se u domenu

infrastrukturnih mera, ulaganja i signalizacije.

Posmatrajući niz moglo bi se zaključiti da postoji:

- vizija da se uspostavi i organizuje biciklistička mreža na teritoriji celog Valjeva (zajedno sa perifernim naseljima),
- da su ciljevi u vezi uspostavljanjem infrastrukture za biciklistički saobraćaj (odvojene ili u okviru profila) da se biciklisti ne bi pojavljivali na kolovozu i trotoarima kao i da je značajno

povezati periferna naselja i turističke destinacije ovim načinom transporta,

- mere koje su prepoznate se tiču naravno izgradnje odvojenih staza ili uređivanje profila ali i promena prakse malog ulaganja u ovaj podsistem, poboljšanje signalizacije i unapređenje infrastrukture za parkiranje bicikala.

Po istom principu su izvedeni nizovi za sve definisane opšte probleme i na taj način rezimirani podaci prikupljeni u okviru radionice.

Iz rezultata se lako prepoznaju i veze koje postoje između problema višeg i nižeg ranga kao i mere koje učesnicima predstavljaju manje ili više prihvatljive alternative za rešavanje problema. Skup mera svakako zavisi od njihovog poznavanja dostupnih opcija ali to takođe može biti predmet narednih radionica u kojima se rezultati predstavljaju, analiziraju i modifikuju. Pored toga lako se mogu klasifikovati problemi i mere po značaju koji je zainteresovana grupa dala pojedinačnim problemima, odnosno merama.

## SUMMARY

### WORKSHOPS AS AN IMPORTANT SOURCE OF DATA IN SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLANS

**Abstract:** *Sustainable Urban Mobility Plans (SUMP) became standard procedure in European city transport planning practice. There are different methodologies available but the main principles are very similar, in the sense of key elements of the methodology like: self-assessment, current state analysis, definition of a vision, objectives and measures and responsibilities for implementation, monitoring of effects, and correction of measures according to their effectiveness in a repetitive process. Key characteristic of SUMP is the involvement of wide range of stakeholders. This fact will be emphasized in the paper through its benefits in qualitative assessment. The results of one workshop from Valjevo, mainly dealing with vision and objectives will be presented.*

**Key words:** *Sustainable Urban Mobility Plan, Stakeholders, Workshops*

## 5. ZAKLJUČAK

Tematske radionice u modernim metodologijama predstavljaju način da se osnovni principi POUMa (učesće zainteresovanih strana tj. participativnost) pretoče u praksu. Problemi koje zainteresovani prepoznaju u transportnom sistemu omogućavaju realizaciju ideje da je to „naš zajednički plan“, a na taj način plan postaje prihvatljiv većem broju ljudi i jednostavniji za sprovođenje. Ostvaruje se i značajan uticaj na promenu načina razmišljanja kao posledica suprotstavljanja stavova.

## LITERATURA

- [1] Wefering, F., Rupprecht, S., Bührmann, S., & Böhler-Baedeker, S. (2014). Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan. European Commission.
- [2] Swedish Association of Local Authorities and Regions. (2014). SymbioCity - Process Guide. Stockholm.
- [3] CityWalk Consortia. (2017). CityWalk - Walkability Planning Guide. Progress report.

# PLANIRANJE ODRŽIVE URBANE MOBILNOSTI – SIMBIOSITI METODOLOGIJA

**Nevena Marković**, Saobraćajni fakultet, Beograd markovic.nevena29@gmail.com

**Marija Mihajlović**, Saobraćajni fakultet, Beograd marmihajlovic@icloud.com

**Rezime:** Cilj rada je da predstavi Simbiositi metodologiju za planiranje urbane održive mobilnosti. Metodologija je razvijena u Švedskoj i postoji mogućnost primene u drugim uslovima, odnosno, drugim zemljama. Obezbeđivanje zdrave i pogodne gradske sredine za rastuće urbano stanovništvo, na način koji štedi resurse, pokreće održivost, unapređuje ljudski kapital i smanjuje siromaštvo. Ovaj izazov zahteva pametna rešenja danas koja neće kompromitovati sposobnost budućih generacija da sutra zadovolje sopstvene potrebe. Simbiositi je metodologija koja se bazira na pronalaženju sinergija između urbanih sistema, odnosno, pristup koji štedi prirodne resurse i daje više za manje. Bazira se na integrisanom i inkluzivnom pristupu koji se primenjuje od planiranja do implementacije, pruža smernice i alate za podršku održivim procesima urbanog razvoja i zasniva se na ideji pretvaranja izazova u mogućnosti. Simbiositi predstavlja strateški pristup planiranju i zasniva se na viziji, za razliku od tradicionalnog pristupa koji je baziran na problemima. Kroz rad će biti predstavljena metodologija kao i njene praktične primene.

**Ključne reči:** saobraćaj, planiranje, održivost, mobilnost, strateški pristup, sinergije, urbani sistemi

## 1. UVOD

Simbiositi pristup urbanom planiranju predstavlja fleksibilan, integrisani i holistički pristup koji usmerava način razmišljanja i rada a ne fiksni postupak. Proces se mora prilagoditi lokalnim uslovima da bi se postigla maksimalna efikasnost. Jedan od prvih gradova koji je koristio Simbiositi metodologije je Malme.

## 2. SIMBIOSITI PRISTUP

Simbiositi pristup predstavlja integrisani i holistički pristup urbanom održivom planiranju, baziranom na velikom iskustvu u Švedskoj i zemljama u razvoju. Kako su gradovi složeni, dinamični sistemi, održivo planiranje gradova zahteva integrisan, višefunkcionalan i pristup koji uključuje više zainteresovanih strana. Simbiositi pristup integriše prostorne, ekološke, sociokulturne, ekonomske i

urbane sisteme na način da se međusobno podržavaju i sinergišu.

Karakteristike Simbiositi pristupa su:

- Fleksibilan je i može se prilagoditi većini urbanih zajednica
- Raniji koraci se ponovo pregledaju i ojačavaju, tj pristupa se interaktivno i ciklično
- Uključuje sve zainteresovane strane (stejkholdere) kroz sve korake
- Promoviše holističko razmišljanje pre uzimanja u obzir specifičnih rešenja i intervencija
- Naglašava važnost traženja sinergija
- Integriše prostorne, ekološke, sociokulturne, ekonomske, urbane sisteme i institucionalne dimenzije urbane održivosti.

### 2.1. Ciljevi Simbiositi metodologije

Ciljevi Simbiositi metodologije je da se poboljša urbana integracija, održivost i

otpornost, kvalitet života za sve sadašnje i buduće stanovnike. Ciljevi su:

- razviti multisektorsku i multidisciplinarnu saradnju među zainteresovanim stranama
- razviti kapacitete deljenjem znanja i iskustava među zainteresovanim stranama
- olakšati saradnju među lokalnim, regionalnim i nacionalnim zainteresovanim stranama
- voditi procese održivosti i procese planiranja na različitim nivoima
- doprineti strategijama za kratkoročno, srednjeročno i dugoročno poboljšanje urbanih područja i različitih dimenzija održivosti
- pomoći gradovima da identifikuju praktična i integrisana sistemska rešenja i sinergije koje promovišu održivi razvoj grada

## 2.2. Koraci u Simbiositi metodologiji

Koraci u Simbiositi metodologiji su:

- Organizacija procesa
- Analiza postojećeg stanja
- Identifikovanje ključnih pitanja i postavljanje ciljeva
- Izrada rešenja

### KORAK 1. Organizacija procesa

Dobra organizacija podrazumeva dodeljivanje uloga i odgovornosti, kao i planiranje i upravljanje aktivnostima. Ovo štedi vreme i novac, podstiče transparentnost i predvidljivost, i omogućava ljudima da sarađuju i ostvaruju svoje ciljeve.

Dobro planiranje i organizovanje procesa analize održivosti ili procesa planiranja predstavljaju ključ za uspeh. Ovo podrazumeva odlučivanje:

- o svrsi procesa
- definisanje područja delovanja
- ko treba da bude uključen i kako

- kada i gde će se odvijati različiti koraci
- koji su resursi potrebni

U ovom koraku ili na početku sledećeg, bitno je razviti Viziju plana. Saveti za razvijanje vizije su:

- Izradite svoju viziju i ključne vrednosti sa ključnim predstavnicima zainteresovanih strana, a zatim podelite nacrt sa svim zainteresovanim stranama i javnošću i zatražite povratne informacije, kako biste podigli svest i obezbedili podršku i učešće.
- Postaviti viziju je samo prvi korak u procesu i postojeće uslovi, probleme i pozitivne karakteristike oceniti u sledećem koraku. Podelite plan procesa zainteresovanim stranama i građanima koji će biti konsultovani i uključeni.
- Uvesti koncept i propagirati potrebu za održivim i integrisanim razvojem, i podstaknuti javnu raspravu o ovome, kao i o nacrtu vizije.
- Koristite različite medije i kreativne načine da biste dobili pažnju i komunicirali.
- Potvrdite formalne povratne informacije i uključite dobre ideje i promene u drugoj, poboljšanoj verziji vizije.
- Napraviti viziju tako da je ključne grupe prihvate
- Izradite strategije implementacije

### KORAK 2. Analiza postojećeg stanja

Da biste pronašli rešenja morate razumeti probleme. Čak i ako poznajete problem ili ste čak razvili projektni predlog, važno je napraviti korak unazad i proceniti situaciju u holističnijem smislu pre odlučivanja o prioritetima i rešenjima.

U koraku 2 se identifikuju prostorni, ekološki, sociokulturni, ekonomski, uslužni sistemi i institucionalne dimenzije i



identifikuju se ključna sredstva, kao i problemi i njihovi uzroci. To se može uraditi:

- anketiranjem interesnih grupa da biste dobili stavove i povratne informacije, npr. stanovnici ili korisnici usluga
- pregledom postojećih studija i podataka, npr. broj neformalnih domaćinstava, nivoa usluga i stambenih i službenih zaostalih predmeta
- organizovanjem radionica za pregled koji uključuju različite zainteresovane strane.

Tačni brojevi nisu potrebni u ovoj fazi, samo pregled ključnih razvojnih potreba, problema, resursa i mogućnosti za svaku dimenziju.

Ako niste razvili viziju u prethodnom koraku možete je sada razviti ali je takođe možete i modifikovati na osnovu identifikovanih ključnih pitanja.

### **KORAK 3. Identifikovanje ključnih pitanja i postavljanje ciljeva**

Korak 3 podrazumeva identifikovanje prioriternih pitanja iz mnogih pitanja identifikovanih u 2. koraku i postavljanja dugoročnih ciljeva. Detaljni predlozi i rešenja se razvijaju kasnije, u koraku 4. Važna, ali nedovoljna iskorišćena prednost, ili prilika za potencijalnu sinergiju takođe može biti problemi. Ako ste već odlučili o prioriternom pitanjima, nastavite sa formulisanjem ciljeva; ako ne, prvo identifikujte i postavite prioritet ključnim pitanjima. Možete rangirati područja, pitanja i ciljeve prema ključnim kriterijumima, npr. hitnost, važnost itd. Svako funkcionalno odeljenje može u svom planu da izloži ključna pitanja i ciljeve, u konsultaciji sa drugim funkcijama, kako bi identifikovao i uključio sinergije. Ako je fokus na specifičnoj geografskoj oblasti ili projektu, a ne celom gradu, isti integrisani

pristup i zabrinutost za sinergije kako bi se poboljšala održivost i efikasnost trebalo bi biti primenjena u manjem obimu. Ako koristite Simbiositi pristup za proces pregleda i procene, ovo će biti poslednji korak, a ključna pitanja i njihovi uzroci će biti ključni za zaključak studije, a ciljevi, ako su uključeni, biće u obliku preporuka.

Pitanja za identifikovanje ključnih ciljeva i problema

- Ko identifikuje ključna pitanja?
- Da li su oni koji su nadležni dovoljno uključeni u probleme i potrebe?
- Šta čini problem ključnim problemom?
- Koji kriterijumi koristimo za prioritizaciju pitanja i potreba?
- Da li razmišljamo na integrisani način i posmatramo međusobne odnose između ključnih pitanja i potencijala za sinergije?

Dugoročni ciljevi uključuju indikatore i ciljeve koji opisuju stepen planiranih ishoda, npr. procenat građana koji se voze na biciklu: 20% do 2015, 30% do 2020. i 40% do 2030.

Indikatori mogu biti kvantitativni, npr. broj ili procenat ljudi koji koriste javni prevoz, ili kvalitativni, npr. koliko se sigurno ljudi osećaju koristeći javni prevoz. Razviti pre svega:

- društvene indikatore (npr. pristupačnost usluga)
- ekonomske indikatore (npr. pokretanje malih preduzeća)
- indikatore životne sredine (npr. smanjenje zagađenja).

### **KORAK 4. Predlozi rešenja**

Nije dovoljno znati gde želite stići. Takođe morate znati kako stići tamo i koji su alternativni putevi. Sa predlogom koji opisuje predložena rešenja u ubedljivim terminima, biće mnogo lakše dobiti

podršku, uključujući i finansijska sredstva, za njegovu realizaciju.

Trebalo bi nastojati da se razvije optimalan predlog i dati donosiocima odluka dobre opcije i dovoljno informacija za upoređivanje njihovih prednosti i nedostataka, npr. analiza troškova i koristi opcija obnovljivih izvora energije, u kombinaciji sa strategijama za očuvanje energije. U trećem koraku, odlučili ste koji su prioriteti održivosti i predložili opšte i specifične ciljeve. Međutim, često postoji mnogo načina da se stigne tamo. U koraku 4 razmatrate i procenjujete različite moguće strategije i metode za postizanje ciljeva. Simbiositi pristup podržava predloge koji omogućavaju sinergije između različitih urbanih sistema i koji su fleksibilni i finansijski održivi, npr. koristeći otpad kao izvor energije za proizvodnju energije. Pri razvoju predloga, važno je zapamtiti viziju i resurse, potencijale i mogućnosti koje su identifikovane, uključujući i sinergije, kao i razvoj rešenja za ključna pitanja i probleme koje ste identifikovali.

Kada se razvijaju predlozi, korisno je razmotriti i proceniti alternativne scenarije ili buduće opcije, koje mogu uključiti različite puteve razvoja i ishode. Scenariji uključuju šta će se promeniti, koliko će se stvari promeniti, ko će biti uključen, i kako će se promene odvijati, kao i određena kombinacija rešenja. Zamislite različita moguća rešenja i pozitivne buduće situacije npr. poboljšanje javnog prevoza u centru grada ili decentralizovanih poslovnih i servisnih centara (tako da manje ljudi mora da ide u centar grada). Različiti scenariji se često mogu kombinovati kako bi se stvorile sinergije i optimalni scenario, npr. kombinujući decentralizaciju i poboljšani javni prevoz. Ne zaboravite da naučite iz drugih gradova koji već imaju dobre primere primene

intervencija održivog razvoja i projekata za deljenje. Ovo uključuje i druge gradove koji rade sa Simbiositi pristupom.

## **KORAK 5. Ocena uticaja predloženih rešenja**

Svaka intervencija u urbanom razvoju imaće određene uticaje - pozitivne i negativne. Važno je proceniti ove efekte kako bi se poboljšali pozitivni i održivi ishodi i proceniti najbolji predlog sa najmanjim potencijalnim negativnim uticajem. Takođe, procenom uticaja, možete identifikovati načine za smanjenje ili iskorenjivanje negativnih efekata.

Različiti predlozi će imati različite društvene, ekološke i ekonomske uticaje. Ovaj korak podrazumeva procenu verovatnih pozitivnih i negativnih ishoda i uticaja predloga izgrađenih u koraku 4.

### **2.3. Primer primene – Malme**

Plan saobraćaja i mobilnosti grada Malema opisuje kako holistički pristup planiranju može postići poboljšani kvalitet života za više stanovnika, posetilaca i drugih zainteresovanih strana. Grad Malme raste i tradicionalni pristup zahteva dopunjavanje novim strategijama. Osnovna tačka plana je postizanje zelenog grada i grada velike gustine.

#### **VIZIJA**

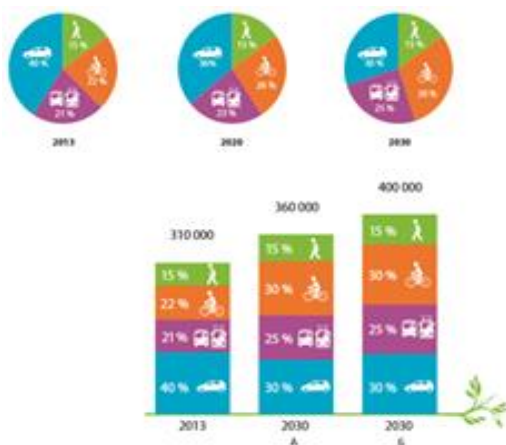
Šetnja, biciklizam i javni prevoz su prvi izbor za sve koji rade, žive ili posećuju Malme. Ovi izbori načina kretanja zajedno sa efikasnim i ekološki prihvatljivim teretnim i automobilskim saobraćajem su osnova transportnog sistema u održivom i gradu velike gustine u kome je transportni sistem projektovan za grad i ljude.

#### **CILJEVI**

**Opšti cilj** je da grad postane društveno, ekološki i ekonomsko održiv grad koji će posećivati, u kojem će živeti i raditi.

### Saobraćajni ciljevi

Ciljevi za kretanje stanovnika jesu da se napravi vidovna preraspodela i to da se poveća procenat kretanja biciklom i javnim prevozom a smanji broj kretanja putničkim automobilom. Broj putovanja pešice će se povećati za 15-30%, biciklom za 60-75% i javnim prevozom za 40-55%, dok će se broj putovanja putničkim automobilom smanjiti za 5-15% (slika 1). Najznačajniji porast će biti kod putovanja javnim prevozom i biciklom. Najčešća kombinacija vidova u okviru putovanja je pešice i javnim prevozom zato je jako bitno razviti dobre uslove za kretanje pešaka.



Slika 1: Ciljevi kretanja stanovnika

Slobodna kretanja širom regiona omogućavaju povezivanje gradova i poboljša tržišta rada. Povećan broj putovanja ima za cilj da omogući razvoj društveno, ekonomski i ekološki održivog grada.

Ciljevi za teretni saobraćaj u Malmeu definišu da se transport robe u gradu razvija u skladu sa uslovima grada i regiona. Transport robe bi trebalo da doprinese pretvaranju Malmea u privlačniji, sigurniji i bezbedniji grad. Sve to treba postići sa minimalnim uticajem na

životnu sredinu i zdravlje ljudi, kao i sa smanjenim efektom na klimatske uslove.

Kroz svaki deo plana uključeni su stakeholderi, tako da su građani svih grupa, najviše iz marginalizovanih uključeni kroz ankete, dok su ostali, poput uprave grada ili države uključeni kroz sastanke i radionice.

### 3. ZAKLJUČAK

Simbiositi metodologija jedna od mnogih metodologija koje se koriste u urbanom, održivom planiranju. Ova metodologija predstavlja jedan holistički, sinergetski pristup urbanom planiranju gde se traže veze između različitih sistema. Ona zahteva angažovanje različitih strana kako bi se sagledale potrebe ali i mogućnosti da doprinesu održivosti urbanih sistema.

Razmatra različite funkcije i sisteme u odnosima jedan sa drugim i uključuje sve relevantne zainteresovane strane kako bi se postigla sinergija. Princip sistemskog razmišljanja je da razmotri sve dimenzije i funkcije prilikom razmatranja bilo koje dimenzije ili funkcije.

### ZAHVALNICA

Milena Zindović, iz NVO Pametan Grad i Slađani Milovianović iz Uprave grada Beograda.

### LITERATURA

- [1] PROCESS GUIDE In search of synergies for sustainable cities”, Stockholm, 2014, The Swedish International Development Cooperation Agency (Sida)
- [2] Nordin A., Hamnsson P., Stjarnkist A. i Hedberg C. „SUSTAINABLE URBNA MOBILITY PLAN”, Malme, 2016, Garbergs Malmö

## SUMMARY

### SYMBIOCITY METHODOLOGY OF TRAFFIC PLANNING

**Abstract:** *The SymbioCity Approach is an integrated and holistic approach to sustainable urban development, based on extensive experience in Sweden and developing countries. As cities are complex and dynamic systems, sustainable urban reviews and planning require an integrated multi-dimensional, multi-functional and multi-stakeholder approach. The SymbioCity Approach integrates spatial, environmental, socio-cultural, economic, urban systems and institutional dimensions in ways that are mutually supportive or synergistic. It considers different functions and systems in relation to one another, and involves all relevant stakeholders, in order to achieve synergies. Symbiosis means synergy, i.e. mutually beneficial interaction. A principle of systems thinking is to consider all dimensions and functions when considering each dimension or function. Malmö, a city in Sweden, uses a methodology in urban sustainable planning.*

**Key words:** *planning, traffic, The Symbiocity, sustainability, mobility, strategic space, synergies, urban systems*

## PTV SOFTVERI U PLANIRANJU I PROJEKTOVANJU

**Goran Zimonjić**, *dis, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, goran@cep.rs*

**Snežana Dimitrijević**, *dis, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, dimitris@cep.rs*

**Zoran Rubinjon**, *dis, CEP-Centar za planiranje urbanog razvoja, Beograd, rubi@cep.rs*

**Rezime:** *Vision Traffic Suite je svetski standard među softverima za planiranje, inženjerstvo i simulaciju saobraćaja. Obuhvata paket programa vrhunskog nivoa integracije i kompatibilnosti, koji pokriva čitav spektar planiranja saobraćaja - od strateškog planiranja, saobraćajnog inženjerstva do kretanja vozila i pešaka.*

*Vision Traffic Suite obuhvata programe poput PTV Visum, namenjenog makroskopskom modelovanju, PTV Vissim za mikroskopsko modelovanje, zatim PTV Viswalk specijalizovanog za modelovanje kretanja pešaka.*

*Kada je adaptivno upravljanje saobraćajem u pitanju, iz paketa se mogu izdvojiti programi poput PTV Balance za upravljanje saobraćajnom mrežom i PTV Epics idealan za adaptivno upravljanje signalima na pojedinačnim raskrscima.*

*U radu će primena softvera iz paketa PTV Vision Traffic Suite biti prikazana i kroz pojedine primere iz domaće i strane prakse.*

**Ključne reči:** *PTV, softver, saobraćaj, simulacija, modelovanje.*

### 1. UVOD

Softveri u procesu planiranja i projektovanja, nalaze svoju primenu već godinama unazad. Bilo da je reč o strateškom planiranju, modelovanju na makroskopskom nivou, prelazu ka detaljnijem pristupu kroz mezoskopsko modelovanje, ili ulaženju u detalje koje donosi saobraćajno projektovanje i mikroskopski modeli, integracija različitih softvera je ključna u zaokruživanju čitavog procesa od izrade studije, analize ili plana do konačnog projekta. PTV-ov softverski paket Vision Traffic Suite, to omogućava kroz pojedinačne softvere različite namene.

### 2. PREGLED, OPIS I OBLAST PRIMENE

#### 2.1. PTV Visum [1]

Nakon mnogih godina primene u raznim istraživanjima, analizama i

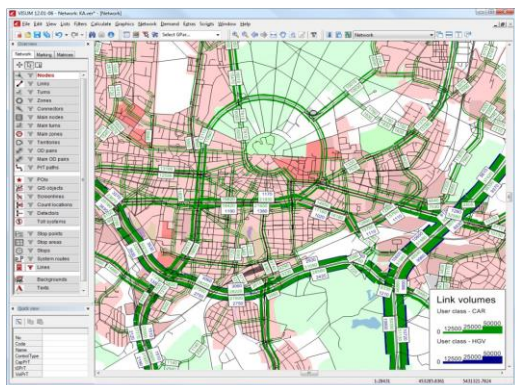
studijama širom sveta, PTV Visum je postao standard u saobraćajnom i urbanističkom planiranju na raznim nivoima - od gradskog preko regionalnog pa do državnog. Softver je prvenstveno namenjen za makroskopsko modelovanje saobraćajne mreže i njenih korisnika, njihovih interakcija i zahteva za putovanjima. Takođe se koristi za analizu saobraćaja, prognoze i upravljanje podacima baziranim na GIS-u, kao i za planiranje usluga javnog prevoza i razvoj naprednih saobraćajnih strategija i rešenja.

#### Transportni master plan

Kao osnova za rad u planiranju saobraćaja, koristi se mreža puteva, ulica i pruga koja može biti formirana u samom programu, uz pomoć alatki za unos i iscrtavanje, ili može biti uvežena u program kao gotova, koristeći neki od podržanih formata fajlova i interfejsa iz različitih izvora, poput Open street map, shape, DIVA, HAFAS, Google Transit itd.



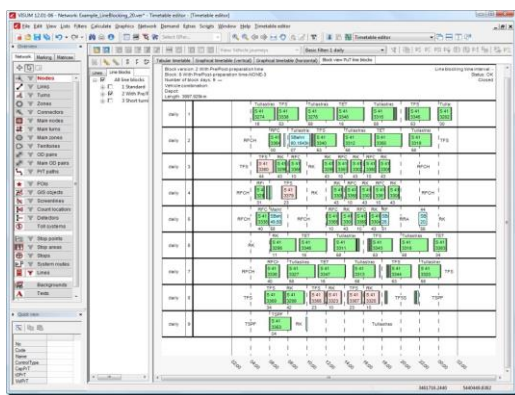
Dobro urađenim modelom potražnje moguće je doći do pouzdanih prognoza, vrednovati scenarije razvoja i aktivnosti kao i pripremiti ih za dalje analize.



Slika 1: Rezultat raspodele - prikaz opterećenja po klasama vozila - PA i teška teretna. [1]

### Javni prevoz

Kompanijama koje se bave javnim prevozom, softver omogućava detaljnu analizu rezultata na nivou operatera, linije, korisnika karata, pruža širok opseg alata za evaluaciju i pomaže u identifikovanju potencijalnih ušteda troškova.

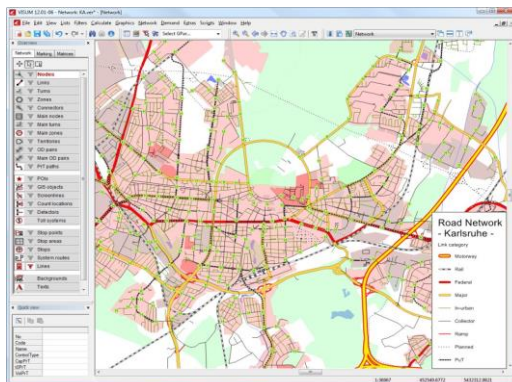


Slika 2: Šematski prikaz blokova linija: Boja označava vrstu vožnje, npr. servisna vožnja, prazna vožnja. [1]

### Izgradnja i razvoj puteva

Korišćenjem softvera u ovoj oblasti, moguće je izvršiti optimizovanje saobraćajnih tokova kroz odgovarajuća unapređenja putne mreže, analizirati različite razvojne scenarije, napraviti bazu

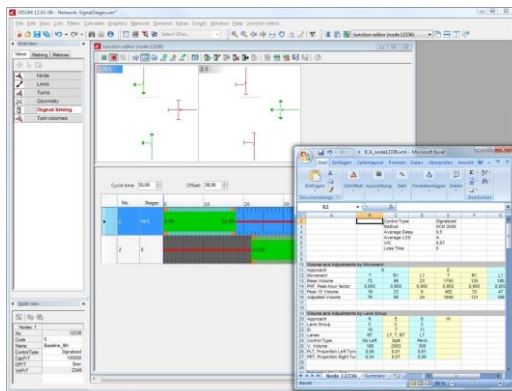
podataka za ekonomske analize kao i uraditi analizu uticaja na životnu sredinu (buka, zagađenje) u okviru plana razvoja.



Slika 3: Mapa ulične mreže: Prikaz linkova klasifikovanih po kategorijama ulica. [1]

### Saobraćajno inženjerstvo

PTV Visum je svestran alat koji se takođe može koristiti za saobraćajni inženjering, uključujući detaljnu analizu raskrsnica. Svi podaci su odmah dostupni, kako za mikroskopske (npr. pojedinačne raskrsnice) tako i za makroskopske procene. Velika prednost je dobra integracija sa PTV Vissim-om.



Slika 4: Prikaz signalnih vremena raskrsnice: Faze su prikazane i kao dijagram i šematski po sekvencama. Detaljan proračun kapaciteta raskrsnice (ICA). [1]

### Analiza ekonomske efikasnosti

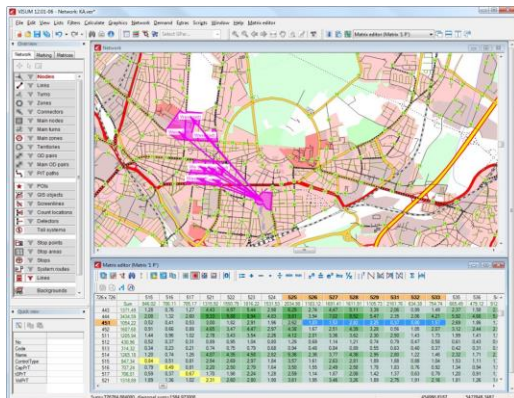
Moguće je dati detaljan prikaz ponude i potražnje privatnog i javnog prevoza u integrisanoj mreži, kao i optimizovati



mreže linija, redove vožnje i funkcionisanje voznog parka. Takođe se mogu analizirati i optimizovati konkretne ponude javnog prevoza sa poslovne tačke gledišta. Mogu se generisati ulazni podaci (pregledni i podaci o potražnji) za makroekonomske procene, izraditi prognoze potražnje koje se koriste za izračunavanje budućih prihoda za određene linije javnog prevoza ili kompletne sisteme (npr. obračun tarifa).

### Planiranje razvoja

Model se zasniva na prognozi ponude i potražnje. Ovo omogućava realno modelovanje i analizu uticaja saobraćaja na budući razvoj. Softver pruža mogućnost pravljenja baza podataka za analizu ekonomske održivosti i uticaja na životnu sredinu, kao i izvoza mreže, transportne potražnje i odgovarajućih opterećenja u PTV Vissim.



Slika 5: Sinhronizacija između prozora matrice kretanja i ulične mreže. [1]

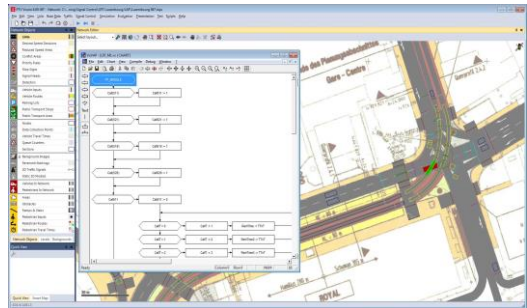
## 2.2. PTV Vissim [1]

Primena ovog programa vezana je za mikroskopsko modelovanje, bilo da se radi o poređenju različitih geometrija raskrsnica, analiziranju prioriternih linija javnog prevoza ili razmatranju efekata promene određene saobraćajne signalizacije. Kod saobraćaja putničkih automobila, prevoza robe, šinskog i drumskog javnog prevoza putnika, pešaka i biciklista - kao vodeći svetski softver za

mikrosimulaciju saobraćaja, PTV Vissim objedinjuje sve korisnike i njihove interakcije u jedan model.

### Modelovanje raskrsnica

Softver pruža mogućnost modelovanja i analize bilo koje geometrije raskrsnice, sa bilo kojim načinom regulisanja, od jednostavnih raskrsnica do složenih semaforisanih, kružnih sa prioritonom za javni prevoz i pešačkim saobraćajem.



Slika 6: Adaptibilno upravljanje svetlosnim signalima, kroz VisVAP modul, Luksemburg. [1]

### Modelovanje svih vidova prevoza

Vodeći softver u svetu koji može da predstavi sve vidove prevoza i da simulira njihove interakcije unutar jednog modela. Sa ciljem preciznog simuliranja izbora rute, izbora saobraćajne trake, promene saobraćajne trake ili ponašanja vozila u odnosu na vozilo ispred, u softver su ugrađeni različiti modeli koje korisnici mogu prilagoditi lokalnim uslovima.

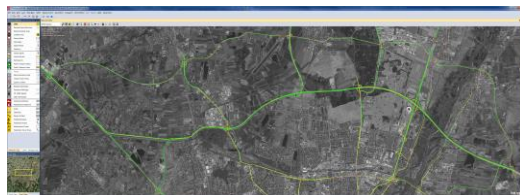


Slika 7: 3D model raskrsnice sa različitim vidovima prevoza u Pont Kussu u Strazburu, Francuska. [1]

### Saobraćaj na autoputevima

Procena nivoa usluge saobraćaja na autoputevima se obično zasniva na makroskopskim varijablama kao što su vreme putovanja i dužina reda. PTV Vissim

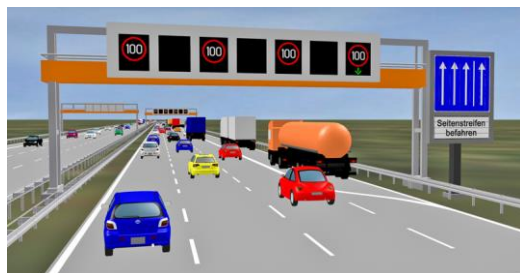
ostvaruje realistične rezultate na ovom polju pomoću detaljne geometrije i dva nivoa modela mikroskopskog ponašanja – operativnog (ponašanje tokom vožnje) i taktičkog (izbor odgovarajuće saobraćajne trake zavisno od rute, susretljivosti ostalih vozača itd.).



Slika 8: Brzina na deonicama autoputa prikazana kroz spektar boja. [1]

### Aktivno upravljanje saobraćajem

Mere aktivnog upravljanja saobraćajem imaju za cilj izbegavanje ili sprečavanje zastoja u saobraćaju. Koristeći softver, moguće je modelovati sve operativne intervencije i proceniti njihov uticaj na ukupni tok saobraćaja.



Slika 9: Aktivno upravljanje saobraćajem: Privremeno otvaranje "zaustavne" trake. [1]



Slika 10: Multimodalna simulacija složene raskrsnice, Karlsruhe, Nemačka. [1]

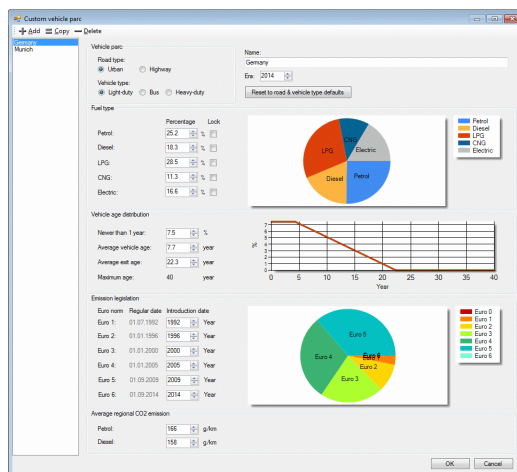
### Javni prevoz

Održivo planiranje saobraćaja stavlja akcent na promociju javnog prevoza. Softver omogućava rad u različitim poddisciplinama planiranja javnog prevoza i

nudi širok spektar namenskih alata i mogućnosti za detaljno modelovanje.

### Modelovanje emisija

Emisije postaju sve važnije u saobraćajnim studijama. Softver pruža mogućnost određivanja zagađujućih materija i detaljne proračune emisija CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub> (čestice čađi i prašine) u zavisnosti od trajektorija vozila, pomoću „add-on“ modula EnViVer.

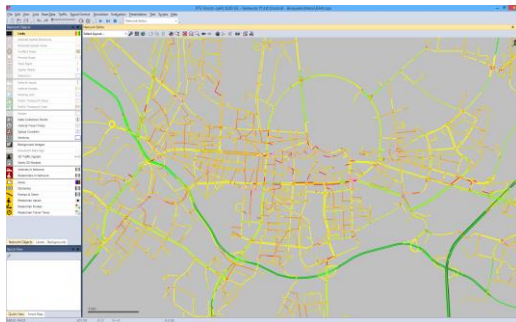


Slika 11: Prilagođavanje voznog parka i modela emisije štetnih materija lokalnim propisima. [1]

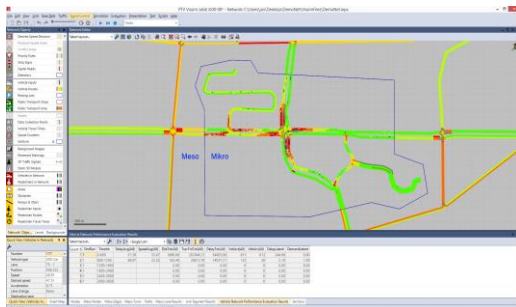
### Mezokopska i hibridna simulacija

Kada se poveća obuhvat simulirane putne mreže, uobičajeno postoje različite putanje od tačke A do tačke B. Za simulaciju to znači da se simulirani saobraćaj mora realistično raspodeliti na dostupne alternative. Mezokopskom simulacijom u PTV Vissim-u, korisnici mogu uraditi čak i simulaciju saobraćajne mreže srednje veličine, ubrzavajući je faktorom od +/- 50 u odnosu na mikroskopsku simulaciju.

Hibridna simulacija se koristi ukoliko postoji potreba da se na određenim koridorima, deonicama ili raskrsnicama, pređe sa manje detaljnog (mezo) na detaljniji prikaz i mikrosimulaciju, kako bi se na tom delu mreže, detaljno simulirali svi vidovi prevoza, uključujući i bicikliste i pešake.



Slika 12: Mezoskopska simulacija gradske mreže. [1]



Slika 13: Hibridna simulacija dela gradske mreže. [1]

### **Virtuelno testiranje autonomnih vozila**

Nove tehnologije sve više omogućavaju automobilima da postaju nezavisni. Način na koji se vozila pomažu naprednom tehnologijom mogu se posmatrati u stvarnosti, ali ispitivanje njihovog ponašanja na terenu je skup i dugotrajan poduhvat koji omogućava samo testiranje ograničenog broja scenarija. Virtuelno testiranje sa mikroskopskom simulacijom saobraćaja nudi ekonomičnu i efikasnu alternativu.

### **2.3. PTV Viswalk [1]**

PTV Viswalk je moćan softverski alat koji omogućava simulaciju i modelovanje ljudskog ponašanja pri pešačenju, bilo da se radi o pešačkim tokovima u zatvorenom ili otvorenom prostoru. Ovaj softver je prvenstveno namenjen onima koji u svojim projektima ili studijama uzimaju u obzir potrebe i ponašanje pešaka, kao što su planeri prevoza, arhitekte i ljudi koji

upravljaju održavanjem i organizovanjem komunikacija unutar velikih zgrada ili velikih javnih prostora, organizatori raznih događaja ili inženjeri protivpožarne zaštite.

PTV Viswalk je posebno pogodan za urbanističko planiranje i projektovanje, analizu bezbednosti pešaka i mere evakuacije, integralno planiranje saobraćaja i brojne druge primene koje za cilj imaju obezbeđivanje nesmetanog kretanja pešaka: procene alternativa, analize ruta i redova, analize vremena čekanja, planiranje kapaciteta i koncepta alternativnih komunikacija u zgradi, plan evakuacije za zgrade i posebno organizovane događaje, modelovanje kretanja pešaka u kombinaciji sa ostalim vidovima prevoza (potreban je PTV Vissim)

### **2.4. PTV Vistro [1]**

PTV Vistro je posebno razvijen softver za analizu saobraćaja koji pomaže planerima prevoza i saobraćajnim inženjerima kod projekata vezanih za raskrnicu, koridor ili celokupnu mrežu.

PTV Vistro nudi izbor standardnih metodologija za analizu, kao što su „Highway Capacity Manual“ (HCM) 2010 i HCM 2000. Takođe prikazuje rezultate za odnos protok-kapacitet, kao i za nivo usluge (LOS) - kako tabelarno, tako i grafički. Pruža vezu između nivoa strateškog planiranja i detaljnijih nivoa razrada.

#### **Analize uticaja na saobraćaj**

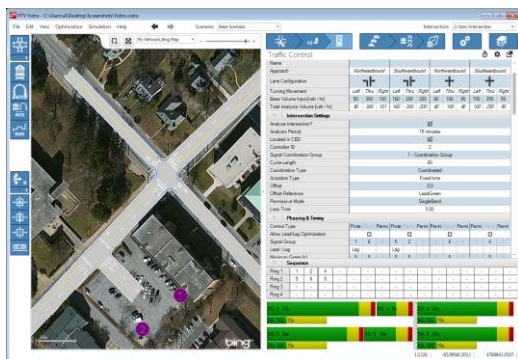
Unapređenje mreže može imati značajan uticaj na funkcionisanje saobraćaja. Mnoge zemlje imaju standardizovane metode za procenu ovih uticaja.

#### **Optimizacija signala**

U slučaju poboljšanja infrastrukture ili promena u obimu saobraćaja, može se desiti da signalna vremena više ne zadovoljavaju potrebe saobraćaja, pa je



često potrebno obnoviti signalni plan. Softver nudi algoritme za optimizaciju signala kako bi se postigle najbolje dužine ciklusa, raspodele vremena signalnih pojmova, što pomaže korisniku da generiše nove signalne planove za jednu raskrnicu, celu mrežu ili određenu rutu.



Slika 14: PTV Vistro - Mrežni i tabelarni prikaz za lako podešavanje i prepravljanje signalnih planova. [1]

## 2.5. PTV Optima [1]

Ključni softver za uspešno upravljanje saobraćajem. Zasnovan na modelu, on nudi precizne informacije o saobraćaju u realnom vremenu za celu saobraćajnu mrežu i daje pouzdane prognoze za narednih 60 minuta.

### Trenutno stanje saobraćaja

Podaci „plutajućeg vozila“ (FCD), automatsko prepoznavanje registarskih tablica (ANPR), informacije sa detektora, informacije o saobraćajnim nezgodama i gradilištima - PTV Optima omogućava sakupljanje, upoređivanje, validaciju i kombinovanje podataka iz različitih izvora.

### Prognoze u realnom vremenu

Zagušenja se mogu detektovati korišćenjem lokalnih merenja brzine, protoka i obima saobraćaja ili preko brzina proisteklih iz vremena putovanja. Ona imaju i vremenske i prostorne efekte na saobraćaj. Čak i neočekivani događaji kao što su saobraćajne nezgode mogu se

analizirati kroz pristup zasnovan na modelu.

### Podrška za donošenje odluka

Centri za upravljanje saobraćajem, kod saobraćajnih zastoja, postavljaju različite ciljeve koji se mogu meriti korišćenjem indikatora funkcionisanja (KPI), koji pružaju agregirane informacije o ukupnoj situaciji u mreži i pružaju dobru osnovu za brzo donošenje odluka.

### ETA (estimated time arrival) prognoze u javnom prevozu

Do sada je PTV Optima bio alat broj jedan u pružanju prognoze za saobraćaj putničkih automobila, omogućavajući operaterima da odmah reaguju na bilo koju neplaniranu situaciju i pruže korisne informacije vozačima. Novi PTV Optima Public Transport ETA modul sada omogućava organizatorima javnog prevoza aktivno učestvovanje u upravljanju, sa ciljem da javni prevoz učine pouzdanijim i tačnijim, sa pravovremenim informacijama dostupnim putnicima.

## 2.6. PTV Balance [1]

PTV Balance je softverski alat za adaptivno upravljanje mrežom. Za razliku od fiksnog vremenskog režima svetlosnih signala (uvek isti signalni program bez obzira na situaciju saobraćaja), adaptivno upravljanje reaguje na ono što se dešava na mreži i može efikasno iskoristiti kapacitet raskrsnice, projektujući varijante kontrole koje se mogu ocenjivati pomoću modela, pre nego što se primene na terenu.

## 2.7. PTV Epics [1]

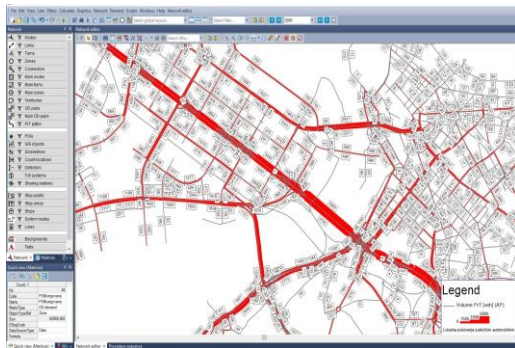
Ovo je softver prvenstveno namenjen za adaptivno upravljanje svetlosnom signalizacijom, sa ciljem efikasnog izbegavanja „stani-kreni“ režima saobraćaja u gradu. Izrađen je specijalno za pojedinačne raskrsnice. Proces zasnovan na modelu se sastoji u „posmatranju“

lokalnih uslova saobraćaja, izračunavajući brojne opcije kontrole svake sekunde.

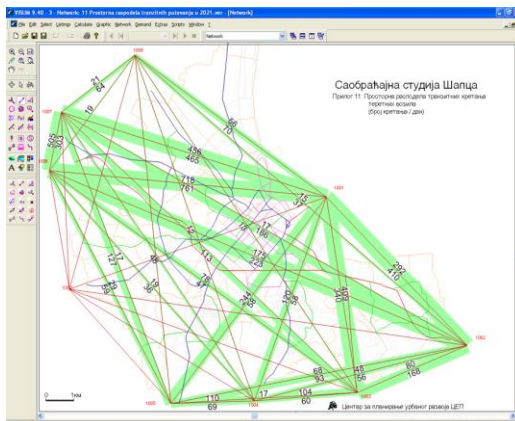
### 2.8. PTV Vistad [1]

Kao svojevrsna elektronska mapa, PTV Vistad je softverski sistem za prikupljanje, validaciju i analizu podataka o saobraćajnim nezgodama. Čak i digitalne šematske skice nezgoda se mogu uvesti direktno u sistem i prikazati na odgovarajući način. Pored toga, podaci o saobraćajnoj nezgodi se mogu filtrirati geografski i prema brojnim karakteristikama iz prikupljenih podataka o nezgodama.

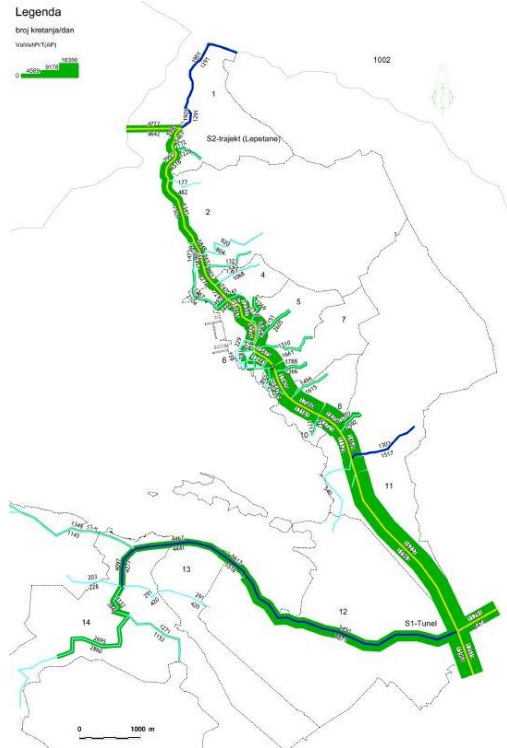
### 3. PRIMERI IZ PRAKSE



Slika 15: PTV Visum - lokalna putovanja putničkim automobilom. [2]



Slika 16: PTV Visum - Prostorna raspodela tranzitnih kretanja teretnih vozila. [4]



Slika 17: PTV Visum - Saobraćajna slika ukupnog broja motorizovanih kretanja za jednu od varijanti, Tivat, Crna Gora. [3]



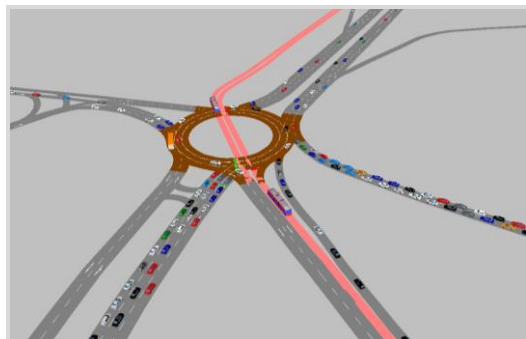
Slika 18: PTV Vissim - Simulacija saobraćaja na raskrsnici Trgoavačka-Jablanička (semafor). [5]



Slika 19: PTV Vissim - Simulacija saobraćaja na raskrsnici Trgoavačka – Jablanička (kružna). [5]



Slika 20: PTV Vissim - Simulacija saobraćaja u zoni lokacije „Ušće“, Beograd. [6]



Slika 21: PTV Vissim - Simulacija kružnog toka „Autokomanda“, Beograd. [7]

## LITERATURA

- [1] <http://vision-traffic.ptvgroup.com>
- [2] Transportni model Beograda 2015, Saobraćajni fakultet; CEP, Beograd, 2015.
- [3] Saobraćajna studija Tivta, CEP, Beograd, MonteCEP, Kotor, 2009.
- [4] Saobraćajna studija Šapca, CEP, Beograd, 2007.
- [5] Studija opravdanosti izgradnje kružnih tokova na postojećim raskrsnicama na teritoriji grada Beograda sa predlogom lokacija i idejnih rešenja, CEP, CesTra, Beograd, 2017.
- [6] Studija uticaja lokacije „Ušće“ na saobraćajni sistem u okruženju, CEP, Beograd, 2013.
- [7] Tri saobraćajna rešenja radi unapređenja saobraćaja na kružnom toku „Autokomanda“, CEP, Beograd, 2012.

## SUMMARY

### PTV SOFTWARE IN PLANNING AND DESIGN

**Abstract:** *Vision Traffic Suite is a worldwide standard among planning, engineering and traffic simulation software. It encompasses a package of high-level integration and compatibility programs covering the whole traffic planning - from strategic planning, traffic engineering to simulation of vehicles and pedestrians.*

*Vision Traffic Suite includes programs such as PTV Visum, designed for macroscopic modeling, PTV Vissim for microscopic modeling, and PTV Viswalk specialized in pedestrian movement modeling.*

*In field of adaptive traffic management, there are programs such as PTV Balance for network signal modeling and control, and PTV Epics ideal for individual intersections adaptive signal management.*

*In the paper, the application of the software from the PTV Vision Traffic Suite will also be shown through examples from domestic and foreign practice.*

**Key words:** *PTV, software, traffic, simulation, modelling*



# PROCENA UTICAJA SAOBRAĆAJNOG MASTER PLANA BEOGRADA NA EMISIJU ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA I BUKE

Vladimir Đorić<sup>5</sup>, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.djoric@sf.bg.ac.rs

Ivan Ivanović, Saobraćajni fakultet, Beograd

Dragana Petrović, Saobraćajni fakultet, Beograd

Jadranka Jović, Saobraćajni fakultet, Beograd

**Rezime:** Saobraćajni master plan Beograda predstavlja značajan strateški planski dokument kojim se definiše pravac razvoja transportnog sistema Beograda u narednih 20 godina (poznatiji pod nazivom SmartPlan). Sastavni deo planske dokumentacije ovog nivoa je i strateška procena uticaja plana na životnu sredinu. U radu će biti prikazan pristup proceni uticaja na životnu sredinu u domenu zagađujućih materija, gasova koji izazivaju efekat staklene bašte i buke. U radu su prikazane posebne metodologije procene za različite podsisteme (putnički automobili, teretna vozila i autobusi) da bi se maksimalno iskoristili dostupni podaci iz transportnog modela.

**Ključne reči:** SmartPlan, planiranje saobraćaja, procena emisije gasova, procena buke

## 1. UVOD I ISTORIJAT

Saobraćajni master plan Beograda (SmartPlan) predstavlja strateški planski dokument kojim se definiše pravac razvoja transportnog sistema Beograda u narednih 18 godina. Primarni cilj izrade SmartPlana je da se implementira pristup održivog razvoja saobraćaja u Beogradu nadovezujući se na prethodni ovakav dokument koji je izrađen 2009. godine, kako bi se prikazale trenutne tendencije u saobraćaju, a u skladu sa predviđenim trendovima razvoja i porasta do 2033. godine [1,2].

Saobraćajni master plan ne postoji u zvaničnoj hijerarhiji planske i tehničke dokumentacije, gde je osnovni strateški dokument na nivou grada Generalni urbanistički plan (Zakon o planiranju i izgradnji). Ipak kod velikih gradova ukazuje se potreba da se segment saobraćaja zasebno tretira (planira) i da mu se zbog

svog značaja da posebno mesto izradom dokumenta kakav je saobraćajni master plan odnosno neka vrsta specijalizovane saobraćajne studije [3].

Beograd se od prethodnog SmartPlana značajno promenio usled realizacije velikih projekata poput: otvaranjem novog Mosta na Adi i Pupinovog mosta, uvođenjem prigradske železnice BG Voz i skorašnjim otvaranjem projekta Beograd na vodi, između ostalog. Sve ovo je uticalo na potrebu promene prioriteta u određenim oblastima.

Finansiranje projekta izrade SmartPlana je obezbeđeno iz sredstava EBRD (Evropske banke za rekonstrukciju i razvoj) što je delimično uticalo na pristup koji je korišćen u analizi uticaja na pomenute elemente životne sredine.

Jedna od prednosti izrade Studije o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu ogleda se u tome što procedura izrade Studije prati proceduru izrade

<sup>5</sup> Rad je sastavni deo naučno-istraživačkog projekta "Uticaj globalnih izazova na planiranje saobraćaja i upravljanje saobraćajem u gradovima" TR36021 Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

SmartPlana čime se pruža mogućnost efikasnijeg uticaja na predložena rešenja i blagovremeno dostavljanje sugestija u cilju unapređenja i zaštite životne sredine.

## 2. OSNOVNE ULAZNE POSTAVKE

Kompletna metodologija izrade smartPlana sadržala je segmente analize postojećeg stanja, ažuriranje transportnog modela, izradu scenarija razvoja, akcionog plana i tek na kraju strateške procene uticaja na životnu sredinu.

Razvijen SmartPlan koji je predstavljao osnovu ulaznih podataka za proces procene uticaja na životnu sredinu. Ipak tu je postojao i problem nivoa detaljnosti i procedure koji je zakonom propisan za izradu Strateških procena uticaja na životnu sredinu (zakon o strateškoj proceni uticaja). S obzirom da je reč o međunarodnom projektu ovaj procedura nije prepoznata u međunarodnoj regulativi pa je predstavljala problem u definisanju obima studije. Odlučeno je da se procena formira na nivou između strateškog nivoa (baziranog na kvalitativnoj proceni) i nivoa procene uticaja (baziranog na preciznoj kvantitativnoj proceni), čineći procenu prihvatljivom i za domaću i za inostranu regulativu, a i za naručioca studije.

Osnova za izradu SmartPlana je bio Transportni model Beograda koji je ažuriran 2015. godine na osnovu sveobuhvatnih istraživanja karakteristika kretanja na teritoriji Beograda [4]. Ažurirani Transportni model Beograda je iskorišćen za formiranje četvorostepenog modela za procenu budućih transportnih zahteva i modeliranje različitih scenarija razvoja.

Sadržao je čitav niz pretpostavki koje su bazirane na trendovima kretanja socio-ekonomskih, saobraćajnih i drugih podataka, kao što su [2, 5]:

- SmartPlanom se predviđa da će broj dostići 430 vozila na 1000 stanovnika do 2033. godine.
- Projektovan je i rast broja stanovnika i radnih mesta.
- Ukoliko ne bude intervencija, učešće javnog prevoza (sa 48%) će biti narušeno u budućnosti imajući u vidu projektovani porast stepena motorizacije i prihoda domaćinstva.

Značajni kapitalni projekti koji su uključeni u varijante razvoja formirane u SmartPlanu su: Izgradnja beogradskog metro sistema, Stari savski most i tunelska veza Savska-Dunavska padina, Unapređenje linija BG voza, Završetak izgradnje unutrašnjeg magistralnog poluprstena UMP i Formiranje spoljne magistralne tangente SMT.

Dodatno je uključen i određeni broj projekata za koje nisu potrebna velika ulaganja, koji imaju mogućnost optimizacije korišćenja već postojeće infrastrukture i sistema (kao što su Parkiraj i vozi kapaciteti).

Formirane su varijante koje su predstavljale vremenske preseke (2021., 2027. i 2033. godinu) i količine ulaganja (bez ulaganja, maksimalna ulaganja što podrazumeva realizaciju svih prethodno navedenih kapitalnih projekata i maksimalna ulaganja + metro sistem kao kritični element plana).

Tabela 1: Varijante SmartPlana

Var. God.	Bez ulaganja	Maks	Maks+
2021	Do min.	Kapit. proj.	
2027	Do min.	Kapit. proj.	Metro 1 linija
2033	Do min.	Kapit. proj.	Metro 2 linije

Procena uticaja plana na životnu sredinu je sprovedena u odnosu na

navedene scenarije i bazirana je na tri elementa:

- Proceni emisije gasova,
- Proceni emisije gasova sa efektom staklene bašte i
- Proceni emisije buke.

Prostorna obuhvatnost procene je definisana prostorom koji pokriva Generalni urbanistički plan, a zagađujuće materije koje procena obuhvata su: ugljen monoksid (CO), azotovi oksidi (NOx) i suspendovane čestice (PM). Dodatno je procenjen i nivo emisije ugljen dioksida (CO<sub>2</sub>) koji se ne smatra zagađivačem ali predstavlja osnovni element koji utiče na efekat staklene bašte.

### 3. METODOLOGIJA PROCENE UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Procena emisije gasova je bazirana na rezultatima varijanti transportnog modela da bi se dobila procena saobraćajnih opterećenja deonica saobraćajne mreže Beograda. Modeliran je svaki od predviđenih scenarija razvoja u odnosu na opterećenja transportne mreže u transportnim podsystemima putničkih vozila, teretnih vozila i javnog masovnog prevoza u gradu. Rezultati modela su predstavljeni na nivou: protoka, prosečnih brzina saobraćajnog toka, vremena putovanja i transportnog rada (vozilo kilometara). Različiti saobraćajni pokazatelji su korišćeni za procenu u različitim transportnim podsystemima.

#### 3.1 Metodologija procene emisije gasova u podsystemu putničkih vozila

Metodologija procene emisije gasova (CO, NO<sub>x</sub>, PM i CO<sub>2</sub>) u podsystemu putničkih vozila je bazirana na prosečnim brzinama i transportnom radu (vozilokm koji proizvod protoka i dužine svake deonice).

Metodologija se zasniva na korišćenju emisionih faktora iz COPERT-a (Zvanična EU metodologija za procenu emisije zagađivača). Korišćen je najdetaljniji nivo procene (Tier 3) koji definiše zavisnost CO, NO<sub>x</sub> i PM u odnosu na prosečnu brzinu saobraćajnog toka. Emisioni faktori su definisani u odnosu na strukturu voznog parka po emisionim standardima vozila (EURO emisioni standard).

Sprovođenje procedure izračunavanja emisija gasova je zbog specifičnosti emisionih faktora i ulaznih podataka zahtevao definisanje seta ulaznih podataka u vezi sa voznim parkom Beograda u svakom od transportnih podsystema. Trenutna procena strukture voznog parka je zasnovana istorijskim podacima i dostupnim trendovima. Za prognozne godine procena je bazirana na nizu pretpostavki.



Slika 1: Metodologija izračunavanja emisija gasova za PA

Osnovna baza podataka o broju registrovanih vozila i prosečnoj pređenoj kilometraži je preuzeta iz javno dostupnih podataka [6]. Na osnovu statističkih podataka (Statistički godišnjak Srbije) utvrđen je godišnji promet novih i polovnih

vozila u Srbiji. Od vrednosti na nivou Srbije u Beogradu se registruje oko 28% vozila. Ovi podaci su poslužili za prognozu učešća novih vozila u odnosu na emisione standarde EURO 5 i EURO6.

Ovaj pristup je odabran da bi se maksimalno iskoristili podaci koji su izlaz iz transportnog modela, tj. prosečna brzina vozila na deonici koja presudno utiče na količinu emitovane zagađujuće materije.

### **3.2 Metodologija procene emisije gasova u podsistemu teretnih vozila i autobusa**

Metodologija procene emisije gasova u podsistemu teretnih vozila i autobusa je bazirana samo na ostvarenom transportnom radu. U voznom parku teretnih vozila, u odnosu na putnička, postoji dodatna, velika raznolikost po nosivosti vozila, a za razvrstavanje voznog parka na taj način nema dostupnih podataka. Zato je procena zasnovana samo na transportnom radu, pogonskom gorivu i emisionom standardu motora.

Transportni rad za autobuse je prevashodno u vezi sa kretanjem autobusa u javnom masovnom prevozu putnika i u direktnoj je vezi sa redom vožnje autobusa u javnom prevozu.

Za razliku od procene emisije gasova CO, NO<sub>x</sub> i PM koja je proračunavana na nivou pređenih kilometara emisija CO<sub>2</sub> je bazirana na potrošnji goriva i prosečnoj brzini kretanja vozila (LTV-40, TTV-35, AV-30 i BUS-20 km/h).

Za izračunavanje emisija gasova, kao i kod putničkih vozila, potrebno je definisanje ulaznih podataka u vezi sa voznim parkom teretnih vozila i autobusa Beograda. Prognoza učešća potrebnih kategorija teretnih vozila je zasnovana na istorijskim podacima i dostupnim trendovima [6]. Prognozni trendovi broja teretnih vozila po emisionim standardima

uz zadržavanje utvrđenih odnosa po kategorijama i vrsti pogonskog goriva na osnovu raspoloživih podataka, korespondiraju trendu modernizacije voznog parka putničkih automobila.

Prognoza trendova strukture autobusa je odvojena jer u ukupnom transportnom radu autobusa na analiziranoj teritoriji značajno učešće imaju vozila javnog masovnog gradskog i prigradskog prevoza. U okviru GSP Beograd, oko 70% transportnog rada se realizuje autobusima [7]. Kada je reč o projekcijama učešća kategorija autobusa po emisionim standardima na posmatranim vremenskim presecima kao parametar su korišćeni podaci dostupnih projekcija ovog preduzeća [8]. Na osnovu raspoloživih podataka, formirana je i projekcija učešća električnih vozila u vremenskim horizontima: 5% do 2021., 19% do 2027. i 38% do 2033. godine.

### **3.3 Metodologija procene buke**

Emisija buke na nivou plana je sprovedena takođe upotrebom transportnog modela u odnosu na scenarije razvoja. Zbog prirode buke kao pojave koja se ne može sabirati kao što je npr. moguće sabirati ukupno emitovane zagađivače, nivo buke je procenjen na nivou svake deonice.

Aktuelnim pravilnicima u Srbiji je predloženo da se procena uskladi sa francuskim standardom NMPB Route. Procena je zato obavljena korišćenjem standarda RLS-90 koji je dostupan u VISUMu, a zatim korigovana da bi se dobile vrednosti u skladu sa preporučenim standardom.

Kod procena koje ne zahtevaju proračun disperzije zagađujućih materija, kao što je slučaj kod ove strateške procene, emisija zavisi od časovnog protoka, procenta komercijalnih vozila u

saobraćajnom toku, tipa kolovoznog zastora i uticaja uzdužnog nagiba.

Da bi se postigla maksimalna preciznost na ovom nivou procene u transportnom modelu su definisani uzdužni nagibi na čitavoj beogradskoj mreži.

#### 4. REZULTATI PROCENE UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Saobraćajni sistem je najopterećeniji **putničkim vozilima**, značajno više od svih teretnih vozila i autobusa zajedno. Iako je emisija pojedinačnog vozila manja od emisije pojedinačnog teretnog vozila ili autobusa, ukupna emisija putničkih vozila predstavlja dominantan izvor zagađenja. Zagađenje i povišeni nivoi buke su naročito izraženi u vršnim časovima u uslovima zagušenja kada postoji dodatni uticaj nepovoljnih režima kretanja vozila (brzina) koji dodatno utiču na povećanje emisija. Primer rezultata je prikazan u tabeli 3.

Tabela 3: Emisije u sistemu PA

Scenario	Godina	NOx(kg)
Bez ulaganja	2021	312.43
	2027	307.27
	2033	260.53
Maks	2021	308.24
	2027	293.50
	2033	245.39
Maks+	2027	292.85
	2033	241.61

Karakteristično za sve zagađujuće materije i gasove staklene bašte je smanjenje ukupne emisije u vremenskim presecima dalje od „sadašnjosti“, što je posledica promene u strukturi voznog parka i emisionih standarda vozila u budućnosti, o čemu je vođeno računa u okviru metodologije. Kao što se vidi iz primera (Tabela 3) procenjivane su

apsolutne vrednosti emisija i potrošnje goriva, na osnovu kojih je moguće proračunati i relativne razlike u emisijama po scenarijima i vremenskim horizontima.

U tabeli 4 su predstavljeni maksimalni rasponi redukcije emisija, između minimalne redukcije za CO i maksimalne za CO<sub>2</sub>.

Tabela 4: Relativne razlike po scenarijima i godinama (PA)

Godina	Scenario	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)
2021	Maks-Bez Ul.	0,51	1,42
2027	Maks-Bez Ul.	1,98	4,47
2027	Maks+-Bez Ul.	2,29	4,68
2033	Maks-Bez Ul.	2,48	5,90
2033	Maks+-Bez Ul.	3,49	7,37

Redukcije predviđene za 2021. godinu (prvi red u tabeli 4) su posledica realizacije samo novog mosta preko Save, tunlske deonice koja povezuje savsku i dunavsku padinu i dela UMP-a.

U scenarijima za 2027. godinu realizacija projekata iz Max+ scenarija u odnosu na Max scenario doprinosi dodatnom povećanju pozitivnog efekta na emisije gasova od 5 do 15% (čisti doprinos novog šinskog sistema) što je posledica dostupnosti novog šinskog sistema stanovnicima.

Realizacija scenarija u 2033. godini (Max+ scenarija u odnosu na Max scenario) iskazuje značajniji potencijal redukcije emisije gasova od oko 25% do 40% dodatnog smanjenja u odnosu na Max scenario. Ovo se može tumačiti kao zajednički efekat dve planirane linije novog šinskog sistema.

U sistemu **teretnih vozila i autobusa**, ukupan realizovani transportni rad po analiziranom scenariju raste sa horizontom analiziranog vremenskog preseka (2021/2027/2033). Međutim, sa

promenom vremenskog horizonta i emisijski standardi vozila se menjaju, što ima značajan uticaj na emisiju gasova, kao i to što po scenarijima nema značajne promene transportnog rada vozila, već pre svega preraspodele po različitim trasama kretanja vozila.

Analizirani scenariji u 2021. godini ne prikazuju značajne razlike kada je reč o sumarnoj emisiji gasova za sve emisijske standarde po kategorijama teretnih vozila i za autobuse, što je posledica veoma malih oscilacija u transportnom radu.

U 2027. godini, između scenarija Bez ulaganja i Max, smanjenja emisija za kategorije teretnih vozila kreću od 1.48 do 1.73%. Kod autobusa je zabeleženo veoma malo povećanje emisije od 0.013%. Razlike između Max i Max+ scenarija su veoma male ali su i pozitivne i negativne. Najznačajnije je smanjenje emisije gasova autobusnog saobraćaja od 8.07% u scenariju Max+ što je posledica prognozirane strukture voznog parka.

U 2033. godinu Max scenario predviđa završetak kapitalnih projekata (primarno UMPa) čime se smanjuje emisija gasova od 1.35 do 2.12% za kategorije teretnih vozila. Najveća smanjenja u Max+ scenariju su kod autobusnog saobraćaja (13.92%) usled upotrebe električnih vozila i redukcije linija zbog metroa. U ostalim kategorijama oscilacije u emisijama ne prelaze 1%.

Rezultati procene se mogu posmatrati i na delovima mreže, kao što je koridor predviđen za izgradnju metroa. Lokalno posmatrano, visoke vrednosti redukcija na koridoru (do 25% u 2033. godini) su posledica rasterećenja i promene u strukturi toka na deonicama ovog koridora koje donosi izgradnja planirane saobraćajne infrastrukture (drumske i novog šinskog sistema).

Sa proširenjem sistema šinskog transporta uvećava se efekat na redukciju

nivoa buke. Ipak efekti nisu značajni po obimu. Bolji efekti se ostvaruju u prostornoj dislokaciji buke. U svim scenarijima ističu se trasa autoputa i obilaznice koje zbog funkcije opsluživanja najvećeg broja vozila, tranzitnih i izvornociljnih kretanja kao i najboljih tehničko-eksploatacionih karakteristika, generišu najviše nivoe buke. Ističe se i deonica Bulevara Živojina Mišića i Radničke ulice od Ade ciganlije do mostarske petlje koja pored velikog broja putničkih vozila ima i značajno učešće teretnih vozila i autobusa. Sabirna funkcija tih značajnih gradskih saobraćajnih pravaca koji grupišu tokove sa saobraćajnicama iz svoje okoline rezultuje povećani nivo buke ali se na okolnim saobraćajnicama nivo saobraćaja i buke smanjuje. Karakterističan je primer kako deonica UMPa u okolini pančevačkog mosta rasterećuje Ruzveltovu ulicu.

Ova karakteristika sabiranja buke na važnim saobraćajnim potezima može da olakša kontrolu i primenu tehničkih mera za redukciju i sprečavanje širenja buke na konkretnim lokacijama, a naročito u zonama gustog stanovanja, rekreacije i školskih i zdravstvenih objekata. U tom pogledu su naročito značajni projekti UMPa i tunela koji povezuje savsku i dunavsku padinu koji imaju efekat smanjenja buke na okolnim saobraćajnicama. Projekat SMTa ima veći značaj na prostornu dislokaciju izvora buke, čime se vrši premeštanje na periferne lokacije sa manjim gustinama aktivnosti.

## 5. ZAKLJUČAK

Predstavljena metodologija omogućava ne samo relativni odnosi emisija po različitim scenarijima (što bi bilo uobičajeno kada se rade ovakve procene) već i apsolutna procena maksimalnog



nivoa preciznosti u odnosu na ulazne podatke.

Slabosti naših baza podataka komplikuju procene u vezi sa emisijom gasova. Ističu se nedostupni podaci o strukturi, emisionim karakteristikama i nivou aktivnosti (prosečnog godišnjoj pređenoj kilometraži) našeg voznog parka.

Emisioni faktori definisani istraživanjima u zemljama EU su dovoljno dobar podatak s obzirom da su zasnovani na empirijskim istraživanjima u odnosu na emisioni standard vozila.

#### LITERATURA

- [1] Smartplan. (2008). Saobraćajni master plan Beograda- završni izveštaj. Beograd.
- [2] WSP & Juginus. (2017). Beograd SmartPlan: Konačni izveštaj.
- [3] Đorić, V., Ivanović, I., Petrović, D., & Jović, J. (2018). Planiranje saobraćaja - Analiza transportnih zahteva. Beograd: Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [4] Jović, J., i ostali. (2015). Ažuriranje transportnog modela Beograda sa saobraćajnim istraživanjima karakteristika kretanja - finalni izveštaj. Beograd.
- [5] WSP & Juginus. (2017). Beograd SmartPlan: Konačni izveštaj - prezentacija. Dostupno na: [www.beograd.rs](http://www.beograd.rs)
- [6] Institut saobraćajnog Fakulteta/ISF. (2010). Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom COPERT 4 modela evropske agencije za životnu sredinu (Road Transport gas emissions using COPERT 4). Beograd.
- [7] Mišanović, S. M., Živanović, Z. M., & Tica, S. M. (2015). Energy efficiency of different bus subsystems in Belgrade public transport. Thermal Science, 19(6), 2233–2244.
- [8] Mišanović, S. (2014). JKP GSP "Beograd" - faktor i promotor održivog saobraćaja u Beogradu - prezentacija.

#### SUMMARY

### ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF BELGRADE TRANSPORT MASTER PLAN – EMISSIONS AND NOISE

**Abstract:** *Belgrade Transport Master Plan is the most important planning document which defines the development of Belgrade transport system in the future period of about 20 years (commonly called SmartPlan). Constitutive part of the SmartPlan documentation is the Environmental Impact Assessment (EIA). In this paper we will present the methodological approach used to assess the emissions of pollution and GHG gases and noise. Separate methodologies were used for different city transport subsystems (passenger cars, heavy vehicles and busses) in order to get the greatest use out of the input data exported from the transport model.*

**Key words:** *SmartPlan, transport planning, emission assessment, noise assessment*

# UTICAJ BARIJERE ZA ZAŠTITU OD BUKE NA LOKACIJI URGENTNOG CENTRA U BEOGRADU

**Marijana Mošić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, marijanamosic7@gmail.com

**Nataša Vidović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, natasa.vidovic.94@gmail.com

**Rezime:** *Buka kojoj su ljudi svakodnevno izloženi jedan je od većih problema sa kojima se čovek svakodnevno susreće. Visok nivo buke ne oštećuje samo sluh, već nepovoljno deluje na ceo ljudski organizam. Saobraćaj je sveprisutan izvor buke, a jedan od načina za smanjenje iste je usmeravanje zvuka koje se uspešno sprovodi barijerama za zaštitu od saobraćajne buke. Barijere za zaštitu od saobraćajne buke su čvrste prepreke sagrađene između puta i objekata uz put. One ne blokiraju potpuno svu buku već smanjuju nivo buke. Bez barijere, buka nalazi direktan put do primaoca zvuka. U ovom radu istraživana je uticaj barijera za zaštitu od buke koje su postavljene sa ciljem da smanje nivo buke koji dopire do Urgentnog centra u Beogradu. Istraživanje je vršeno mernim instrumentom i smart mobilnim telefonom pomoću aplikacije „Sound meter“. Meren je nivo buke na unapred definisanim mestima, u istom vremenskom intervalu, sa unutrašnje i spoljašnje strane barijere. Takođe, meren je nivo buke koji primaoci zvuka registruju na spratovima Urgentnog centra koji se nalaze na većoj nadmorskoj visini u odnosu na barijere. Ovako dobijeni rezultati su upoređeni i analizirani kako bi se utvrdila opravdanost postavljanja ovakvog vida zaštite od buke na istraživanoj lokaciji. Dobijeni rezultati merenja sa mernog instrumenta i smart mobilnog telefona uporedno su analizirani, kako bi se utvrdila odstupanja i nivo preciznosti oba korišćena sredstva.*

**Ključne reči:** *saobraćaj, buka, životna sredina, barijera*

## 1. UVOD

Transportni sistemi su važna komponenta društva jer predstavljaju infrastrukturu koja zadovoljava ljudske potrebe za mobilnošću i pristupačnošću. Sa razvojem transportne industrije i urbanizacije zagađenost bukom je poslednjih nekoliko godina primetno porasla. U mnogim gradovima veliki deo stanovništva je izložen visokim nivoima buke u svojim domovima, a u većini slučajeva glavni izvor buke je saobraćaj. Ako obim saobraćaja nastavi da se povećava, neophodno je da se na samom izvoru problema sprovedu mere za smanjenje izloženosti buci. Prema istraživanjima, emisija buke po vozilu nije se značajno promenila od osamdesetih

godina dvadesetog veka do danas dok je, sa druge strane, postignut uspeh u pogledu smanjenja zagađenosti vazduha u drumskom saobraćaju [1]. Buka je čest uzrok poremećaja sna, jer mozak nastavlja da obrađuje prispele zvučne stimulanse. Zbog toga su merenje intenziteta saobraćajne buke i procena broja stanovnika izloženih saobraćajnoj buci u gradskim sredinama od suštinskog značaja za zdravo upravljanje okruženjem i mogu da pruže osnovne podatke neophodne za upravljanje saobraćajnom bukom.

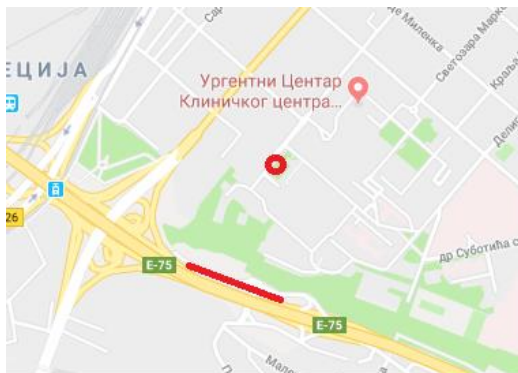
### 1.1. Pregled literature

Ustanovljeno je da je saobraćajna buka jedan od glavnih faktora u nepovoljnom uticaju na ljudsko zdravlje u Evropi, a nedavna procena u Švajcarskoj utvrdila je

da je nepovoljan uticaj saobraćajne buke (izražen u novcu) bio jednak uticaju zagađenja vazduh [3]. Buka predstavlja stvarnu opasnost po zdravlje ljudi jer izaziva fizički i psihički stres. Ovaj uticaj najvećim delom proizilazi iz poremećaja i uznemirenosti spavanja izazvanih bukom, povećanja bolesti srca i kognitivnog oštećenja [4]. U nedavnoj studiji, prikazana je potencijalna veza između kratkoročnog izlaganja saobraćajnoj buci i hospitalizacije ljudi usled demencije, što ukazuje na to da saobraćajna buka može da pogorša simptome demencije. Pored toga, nekoliko studija je istraživalo izolovani uticaj buke od drumskog saobraćaja na kardiovaskularne bolesti (CVD) gde se pokazalo da hronično izlaganje buci ima negativan uticaj na hipertenziju [5].

## 2. METODOLOGIJA

U cilju analiziranja uticaja zvučnih barijera postavljenih na lokaciji Urgentnog centra u Beogradu korišćen je metod eksperimentalnog istraživanja.



Slika 1: Lokacije na kojima je vršeno istraživanje

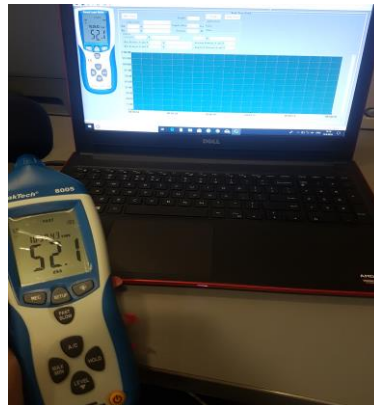
### 2.1. Prostor i period istraživanja

Prostor istraživanja obuhvata Klinički centar Srbije i deo autoputa E-75 ispod Kliničkog centra (ispred autoputske petlje Mostar) na kojem su postavljene barijere za zaštitu od buke. Istraživanje je vršeno u poslepodnevnom vršnom periodu (od 15h

do 17h) jer je to period sa najvećim protokom saobraćaja.

### 2.2. Metoda prikupljanja podataka

Za istraživanje korišćen je instrument za merenje buke *Peak Tech 8005* i aplikacija *Sound meter* na smart mobilnim telefonima iste marke i operativnog sistema Android 7.



Slika 2: Merni instrument PeakTech 8005

U istom vremenskom intervalu, sa spoljašnje i unutrašnje strane barijere, postavljeni su instrumenti i smart mobilni telefon. Instrument je kontinualno snimao zvuk sa frekvencijom od 125ms. *Sound meter* aplikacija na smart telefonu snima samo sa frekvencijom od jedne sekunde pri čemu sam program beleži samo maksimalan, minimalan i prosečan nivo zvuka dok se ostali mogu videti samo u trenutku realizacije snimanja kada su beleženi manuelno.

Nakon izmerenog nivoa buke kod barijere, meren je nivo buke koji primaoci zvuka registruju na spratovima Urgentnog centra koji se nalaze na većoj nadmorskoj visini u odnosu na barijere. Snimanje je vršeno u sobi čiji su prozori okrenuti ka autoputu, na pola metra od otvorenog prozora.

Obrada podataka sa oba uređaja izvršena je u programskom paketu MS Excel 2013. Ovako obrađeni podaci su

analizirani za minimalan, maksimalan i ekvivalentan nivo buke. Takođe, izvršena je uporedna analiza dobijenih podataka sa mernog instrumenta i smart mobilnog telefona kako bi se utvrdila odstupanja i nivo preciznosti oba korišćena sredstva.

### 3. REZULTATI

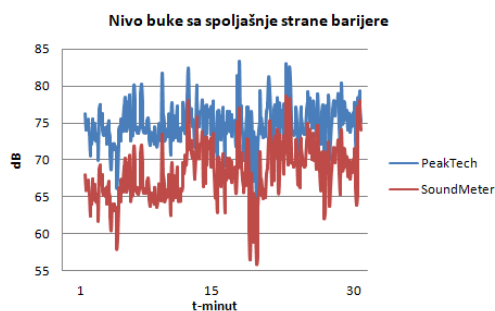
#### 3.1. Rezultati merenja sa spoljašnje strane barijere

Prilikom prvog snimanja, merni uređaji su postavljeni jedan do drugog, na prostoru između zaštitne barijere i autoputa. Snimanje je vršeno kontinualno 30 minuta. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1: Izmerene vrednosti nivoa buke sa spoljašnje strane barijere

	MIN	MAX	Ekv.nivo
<b>PeakTech</b>	64,20	83,30	75,54
<b>SoundMeter</b>	55,90	78,70	69,74

U prvom redu tabele prikazani su dobijeni rezultati mernim instrumentom *PeakTech* dok su u drugom redu tabele prikazani rezultati mobilne aplikacije *SoundMeter*. Podaci dobijeni mernim instrumentom su veoma precizniji od mobilne aplikacije, a odstupanja su u nekim momentima i 10 dB što nije zanemarljivo. Maksimalna izmerena vrednost je 83,30 dB (*PeakTech*) odnosno 78,70 dB (*SoundMeter*).



Grafik 1: Trend nivoa buke u periodu merenja sa spoljašnje strane barijere

Na Grafiku 1 prikazan je trend nivoa buke. *PeakTech* je zabeležio buku u granicama između 64,20 dB i 83,30 dB dok je kod *SoundMeter* najniža vrednost 55,90 dB.

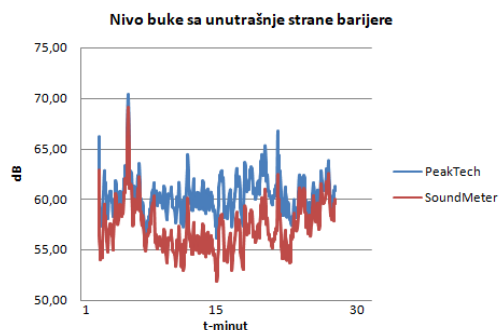
#### 3.2. Rezultati merenja sa unutrašnje strane barijere

U istom vremenskom intervalu, postavljeni su merni instrumenti sa unutrašnje strane zaštitne barijere. Kontinualno je mereno 30 minuta. Izmerene vrednosti prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 2: Izmerene vrednosti nivoa buke sa unutrašnje strane barijere

	MIN	MAX	Ekv.nivo
<b>PeakTech</b>	56,20	70,40	60,85
<b>SoundMeter</b>	51,90	69,10	57,99

Odstupanja u rezultatima mernih uređaja nisu bila veća od 7 dB što je znatno manje nego pri merenju sa spoljašnje strane zida. Maksimalna izmerena vrednost je 70,40 dB (*PeakTech*) odnosno 69,10 dB (*SoundMeter*).



Grafik 2: Trend nivoa buke u periodu merenja sa unutrašnje strane barijere

Na Grafiku 2 evidentno je da su vrednosti na početku snimanja bile približne na oba uređaja, nakon čega je došlo do oscilacija da bi se na kraju vratile na približne vrednosti. Ekvivalentna izmerena vrednost je 60,85 dB odnosno 57,99 dB.

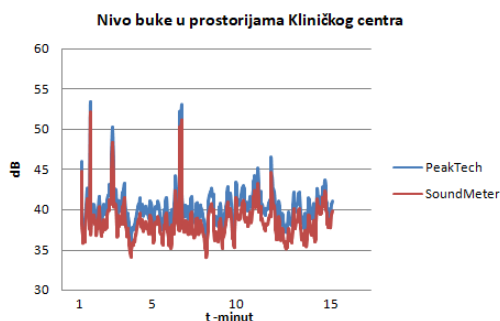
### 3.3. Rezultati merenja iz prostorija Kliničkog centra

Na definisanim lokacijama unutar Kliničkog centra, u prostorijama koje su svojom lokacijom takve da su najviše izložene buci, na pola metra od otvorenog prozora postavljeni su merni uređaji. Snimanje je vršeno kontinualno 15 minuta a izmerene vrednosti date su u Tabeli 3.

Tabela 3: Izmerene vrednosti nivoa buke u dB

	MIN	MAX	Ekv.nivo
<b>PeakTech</b>	36,00	53,40	41,20
<b>SoundMeter</b>	34,10	52,20	39,39

Većih odstupanja od 3dB u rezultatima sa jednog i drugog uređaja nije bilo. Sve dobijene vrednosti kreću se u rasponu od 34 dB do 54 dB. Maksimalna izmerena vrednost je 53, 40 dB odnosno 52,20 dB. Trend nivoa buke na navedenim lokacijama prikazan je na Grafiku 3.



Grafik 3: Trend nivoa buke u periodu merenja u Kliničkom centru

### 4. DISKUSIJA REZULTATA

Izmerene ekvivalentne vrednosti u vršnom periodu sa unutrašnje strane barijere su 60,85 dB, odnosno 57,99 dB što je u okviru dozvoljenog dnevnog nivoa saobraćajne buke od 65 dB u oblastima zona duž autoputeva. Iz priloženog se može zaključiti da postavljena zaštitna barijera smanjuje nivo buke za oko 15 dB u

proseku spuštajući ga na nivo koji je poželjan za posetioce ovog područja.

Dozvoljeni nivoi saobraćajne buke u oblastima bolnica je 50 dB danju, odnosno 40 dB noću. Na osnovu dobijenih rezultata iz prostorija Kliničkog centra koje su svojom lokacijom najizloženije saobraćajnoj buci sa autoputa ekvivalentna izmerena vrednost je 41,20 dB odnosno 39,39 dB u dnevnom periodu što je u okviru dozvoljenih vrednosti.

### 5. ZAKLJUČAK

Saobraćaj je sveprisutan izvor buke, a jedan od načina za smanjenje iste je usmeravanje zvuka koje se na zadatim lokacijama sprovodi barijerama za zaštitu od saobraćajne buke. Barijera za zaštitu od saobraćajne buke je čvrsta prepreka sagrađena između puta i objekata uz put. One ne blokiraju potpuno svu buku već smanjuju nivo preterane buke. Na osnovu sprovedenog istraživanja može se zaključiti da je na lokaciji samog Kliničkog centra nivo buke u dozvoljenim granicama i nema potrebe za dodatnim merama zaštite ukoliko ne dođe do povećanog obima saobraćaja u narednom periodu. Na lokaciji autoputa E-75 potez od Hitne pomoći do petlje Mostar, zahvaljujući zaštitnoj barijeri, nivo buke smanjen je na nivo koji je u okviru dozvoljenih granica.

Uporednom analizom rezultata sa oba merna uređaja dolazi se do zaključka da aplikacije na smart mobilnim telefonima nisu merodavne niti poželjne za ovakva istraživanja jer nemaju dovoljnu preciznost.

Saobraćajna buka sa autoputa nije jedini izvor saobraćajne buke koja dopire do primaoca zvuka u Urgentnom centru i njegovoj bližjoj okolini, već i automobili posetilaca, saniteti i vozila Hitne pomoći, kao i ulica Kneza Miloša koja je takođe prometna.

Zaštitna barijera doprinosi smanjenju buke kada je u pitanju objekat Hitne pomoći, koji je direktno štićen. Međutim, kada posmatramo Klinički centar koji se nalazi na uzvišenju, buka od autoputa ne nailazi na prepreku kada su u pitanju viši spratovi.

## LITERATURA

- [1] Ögren, M., Molnár, P., & Barregard, L. (2018). Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015–2035. *Environmental research*, 164, 516-521.
- [2] Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Tiittanen, P., Juutilainen, J., & Lanki, T. (2018). Traffic noise, noise annoyance and psychotropic medication use. *Environment international*, 119, 287-294.
- [3] Cantuaria, M. L., Usemann, J., Proietti, E., Blanes-Vidal, V., Dick, B., Flück, C. E., ... & Frey, U. (2018). Glucocorticoid metabolites in newborns: A marker for traffic noise related stress?. *Environment international*, 117, 319-326.
- [4] Jafari, Z., Kolb, B. E., & Mohajerani, M. H. (2018). Chronic traffic noise stress accelerates brain impairment and cognitive decline in mice. *Experimental neurology*, 308, 1-12.
- [5] Andersson, J., Oudin, A., Sundström, A., Forsberg, B., Adolfsson, R., & Nordin, M. (2018). Road traffic noise, air pollution, and risk of dementia—results from the Betula project. *Environmental research*, 166, 334-339.
- [6] [https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/24555/mod\\_resource/content/2/EKO%20predavanja%20III%20Buka.pdf](https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/24555/mod_resource/content/2/EKO%20predavanja%20III%20Buka.pdf)

## SUMMARY

### IMPACT OF NOISE BARRIER AT THE LOCATION OF THE CLINICAL CENTER IN BELGRADE

**Abstract:** *One of major problems that people encounter is noise which they are exposed daily. A high noise level does not only damage the hearing, it is adversely affecting the entire human body. Traffic is an ubiquitous source of noise, and one of the ways to reduce it is to streamline sound that is successfully implemented by barriers which protect against traffic noise. Barriers for traffic noise protection are solid obstacles built between the road and the objects along the road. They do not block completely all the noise but reduce the level of excess noise. Without any barrier, the noise finds a direct path to the sound receiver. In this paper we investigated the impact of noise barriers that were set in order to reduce the noise level reaching the Clinical Center in Belgrade. The research was performed using a measuring instrument and a smart mobile phone using the Sound meter application. Noise level was measured at pre-defined spots, at the same time, from the inside and outside of the barrier. Also, the noise level measured by sound receivers is recorded on the floors of the Clinical Center at a higher altitude than the barriers. The results thus obtained were compared and analyzed to determine the justification of setting this type of noise protection at the investigated site. The obtained measurement results from the measuring instrument and the smart mobile phone were analyzed in parallel, in order to determine the deviations and level of precision of both used assets.*

**Keywords:** *traffic, noise, environment, barriers*



# IDENTIFIKACIJA MJERA ZA PRILAGOĐAVANJE RIZICIMA KLIMATSKIH PROMJENA NA LOGISTIČKE MREŽE BOSNE I HERCEGOVINE

**Abidin Deljanin**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, a\_deljanin@hotmail.com  
**Mirza Berković**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, mirza.berkovic@gmail.com  
**Ermin Muharemović**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, erminmuharemovic@hotmail.com

**Rezime:** U radu identificiramo mjere i mapiramo specifične slabosti za prilagođavanje rizicima klimatskih promjena na logističke mreže na području Bosne i Hercegovine. Rizici povezani s klimatskim promjenama u Bosni i Hercegovini bili su posebno naglašeni u poplavama iz 2014. godine. Oni imaju utjecaj na brojne logističke operacije, te naglašavaju potrebu za uvrštavanjem klimatskih rizika u odluke o ulaganjima u kratkoročnu i dugoročnu logističku infrastrukturu. Činjenica da samo velika kiša već povećava uticaj klizišta i poplava na logističku mrežu i njene skladišne kapacitete, i da bi broj i intenzitet kišnih događaja mogao postati češći, naglašava važnost utvrđivanja ranjivosti logističke mreže u slučaju velikih kiša prilikom planiranja preventivnih investicija. Efektivne mjere prilagođavanja na klimatske promjene su neophodne kako bi se smanjile ranjivosti i povećala otpornost logističkih mreža i njenih kapaciteta.

**Ključne reči:** logistička mreža, klimatske promjene, rizici, mjere

## 1. UVOD

Cilj istraživanja je identifikacija mjera za prilagođavanje rizicima klimatskih promjena na logističke mreže na području Bosne i Hercegovine (BiH). Logistička mrežna infrastruktura je osnova svakog ozbiljnog lanca snadbijevanja uređene zajednice, privrednog sistema, te predstavlja ozbiljnost i pouzdanost društvenog sistema. Slično humanoidnom centralnom nervnom sistemu, logistički sistem je odgovoran za snadbijevanje i opskrbu građana proizvodima i uslugama. Logistički sistemi mogu se definirati kao sistemi prostorno-vremenske transformacije dobara, a procesi unutar njih, definiraju se kao logistički procesi. Ono što karakterizira ove sisteme je shvaćanje povezanosti procesa kretanja,

odnosno, transporta s procesima zadržavanja, odnosno skladištenja pri čemu se navedeni procesi opisuju mrežom. Mrežom se ne kreću samo dobra, već uz njih to mogu biti i informacije i ljudi. Logistička mrežna infrastruktura dio je sistema čije je održavanje od vitalnog značaja za funkcionisanje jednog društva. Emisije CO<sub>2</sub> čine najveći direktni utjecaj koji ova logistička mreža ima na klimatske promjene. S druge strane klimatske promjene moraju biti ugrađene u procese procjene rizika i planiranja smanjenja rizik na logističku mrežu, pri čemu iste izazivaju prirodne opasnosti, koje nije moguće spriječiti ali je moguće minimizirati njihove neželjene posljedice na logističku mrežu.

Zaštita logističke mrežne infrastrukture sve je više prepoznata kao područje potencijalno rastućih rizika i jedan od

osnovnih elemenata državne sigurnosti zemlje. Nanošenje štete logističkoj infrastrukturi, uništenje ili narušavanje prirodnim katastrofama, može imati negativan utjecaj na sigurnost države.

U današnjem bosanskohercegovačkom društvu krizne situacije postaju dio svakodnevnog života, a daljnjim djelovanjem čovjeka stalno se povećavaju novi izvori i rizici, oblici njihovog javljanja, gubici života i materijalne štete. Krizne situacije u većem broju slučajeva uzrokuju oštećenja i poremećaje na kompleksnim mrežnim infrastrukturnim sistemima, čime narušavaju ustaljene načine i metode opskrbe građana, privrede i drugih korisnika koji su itekako ovisni od njihovog normalnog funkcioniranja. Rizici povezani s klimatskim promjenama u BiH jasno su vidljivi u poplavama iz 2014. godine, koje su dovele do više od 20 smrtnih slučajeva, 90.000 prinudno iseljenih i više od milijarde dolara štete. Ove poplave utiču na ceste, skladišta, distribuciju električne energije i infrastrukturu za zaštitu od poplava te naglašavaju potrebu za uvrštavanjem klimatskih rizika u odluke o ulaganjima u kratkoročnu i dugoročnu infrastrukturnu imovinu. Zapravo zahtijevaju bolje razumijevanje odnosa između vremenskih uslova i transportno-logističkih mreža i kapaciteta, potreba za saradnjom s drugim zainteresovanim stranama kao i potreba za razvijanjem pristupa rješavanju prilagodbe klimatskim promjenama. Cilj sistema prilagodbe mora biti podržati uspostavu institucionalnog okvira, preciznu procjenu klimatskih rizika, razvoj strategije prilagodbe i definisati jasne smjernice prilagođavanja. Upravo zbog toga su logističkim mrežama neophodni sistemi preventivne zaštite, sigurnosti i adaptacije dizajnirani i izgrađeni na načelima da se, uz ljudske živote, koji su po rangu zaštite na prvom

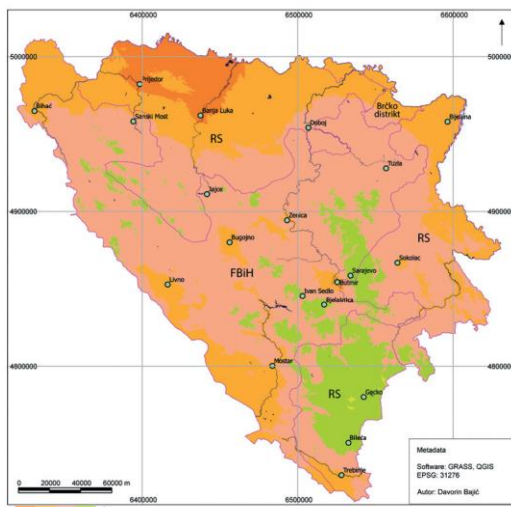
mjestu, definira i nužnost zaštite kompleksne logističke mrežne infrastrukture.

## **2. KLIMATSKE PROMJENE NA PODRUČJU BOSNE I HERCEGOVINE**

Klimatske promjene u Bosni i Hercegovini su realnost, a negativne posljedice već su vidljive, iako ona neznatno doprinosi uzrocima klimatskih promjena. Problem je u brzini promjena koju teško mogu da prate eko-sistemi, privreda te društvo u cjelini. Za razliku od brojnih drugih problema u oblasti zaštite životne sredine, utjecaj klimatskih promjena nije geografski povezan sa svojim uzrocima. Iako BiH spada među zemlje koje imaju najnižu vrijednost emisija plinova staklene bašte po glavi stanovnika u Evropi, već su osjetne klimatske promjene. BiH je posebno osjetljiva zbog svoje geografske pozicije, ekonomske važnosti sektora poljoprivrede i šumarstva, kao i zbog svog ograničenog kapaciteta za prilagođavanje na klimatske promjene. Bez obzira na svoju ekonomsku situaciju, BiH hitno mora provesti mjere prilagođavanja na klimatske promjene kako bi smanjila negativne utjecaje istih u budućnosti. One zahtijevaju unakrstan pristup koji se zasniva na principima i mjerama koje treba da budu provedene tako da se osigura efektivno prilagođavanje na klimatske promjene i mjere za ublažavanje utjecaja tih promjena.

Ono što je današnja činjenica jeste da su ljetne temperature porasle za 1,20C tokom proteklih decenija, a promijenjeni su i režimi padavina. Provedene studije o temperaturnim promjenama u periodu od 1961-2010. godina ukazuju na to da je temperatura već povišena u svim dijelovima zemlje [1]. Tokom perioda 1981-2010, najveća povećanja prosječne temperature u ljetnim mjesecima su

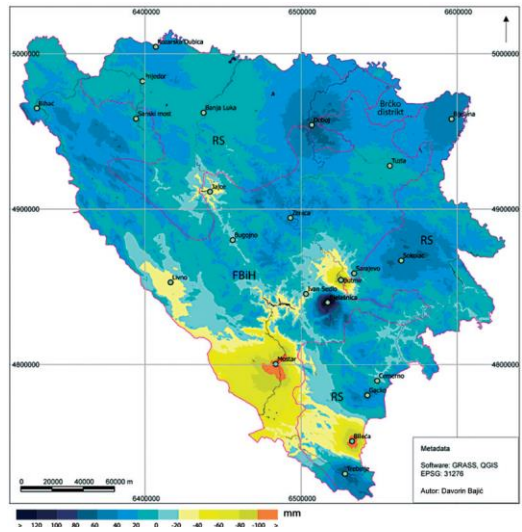
zabilježena u Hercegovini (u Mostaru - 1,20 C) i centralnim područjima (u Sarajevu - 0,80 C), dok je najveći porast temperature tokom proljeća i zime zabilježen u sjevernim centralnim područjima (u Banjoj Luci - 0,70 C) [2]. Stopa porasta temperature se povećavala tokom posljednje decenije. Iako su ova povećanja zabilježena u kraćem posmatranom vremenskom periodu, zabrinjavajuća su zbog činjenice da bi mogla ukazivati na to da se brzina dešavanja klimatskih promjena povećava (Slika 1).



Slika 1: Promjene u godišnjim temperaturama u BiH (poređenje perioda 1981-2010. i perioda 1961-1990. godina)

U periodu 1981-2013. godina, veliki dio teritorije BiH je pokazivao trend blagog rasta godišnjih količina padavina u odnosu na period 1961-1990. godina (Slika 2). Najveće povećanje u godišnjoj količini padavina je zabilježeno u centralnim planinskim područjima (Bjelašnica i Sokolac) i u blizini Doboja, dok je najveći deficit zabilježen na jugu (područje Mostara i Trebinja). Najveće smanjenje u količini padavina je zabilježeno tokom proljeća i ljeta u regiji Hercegovine (20%). U periodu jeseni je zabilježen najveći

porast u količini padavina, i to naročito u sjevernim i centralnim područjima.



Slika 2: Promjene u godišnjoj količini padavina u Bosni i Hercegovini (za period 1981-2010, u poređenju sa periodom 1961-1990. godina) [2]

Iako se količina godišnjih padavina nije značajno promijenila, broj dana u godini tokom kojih su zabilježene kišne padavine je smanjen, ali je istovremeno povećan broj dana tokom kojih su zabilježene intenzivne kišne padavine. Ovo predstavlja značajnu promjenu u režimu padavina, i to posebno u kombinaciji sa porastom temperature.

U periodu od 1981. godine primijećena je povećana klimatska varijabilnost tokom svih godišnjih doba i na cijeloj teritoriji BiH. Uočen je trend brzih promjena iz ekstremno vrelih ili hladnih perioda, koji obično traju od 5 do 20 dana, u periode intenzivnih kišnih padavina. Suše su također bile češće i intenzivnije tokom proteklih desetak godina: od 2000. godine je zabilježeno 5 sušnih godina (2000, 2003, 2007, 2011. i 2012. godina) [2]. Iako nisu provedene detaljne studije na temu predviđanja suša, sve češće i intenzivnije suše su zabrinjavajuće jer predstavljaju jasan pokazatelj povećane klimatske varijabilnosti. Zabilježen je i veći broj

gradonosnih padavina i povećani nivoi maksimalne brzine vjetera u centralnim dijelovima zemlje.

Svaki rast temperature u BiH će vjerovatno imati izrazito štetne utjecaje, naročito zato što su prognozirane više temperature povezane sa smanjenom količinom padavina i višim stopama isparavanja u unutrašnjim dijelovima BiH.

Očekuje se da će vodni sistemi biti izloženi utjecajima koji su povezani sa klimatskim promjenama. Smanjene količine padavina tokom proljeća i ljeta, koje su povezane sa regionalnim smanjenjem godišnjih nivoa padavina i povećanjem temperature zraka, doprinijet će povećanoj učestalosti pojave suša. Suprotno tome, u periodima jeseni i zime očekuje se povećana učestalost pojave poplava. Očekuje se da će se ovakvi ekstremniji vremenski uslovi pojavljivati u prosjeku svakih 5 do 10 godina. Također, očekivano je produženje suhih, bezvodnih perioda, kao rezultat smanjenih količina padavina tokom ljeta u kombinaciji sa povećanim stopama isparavanja. Nivo vode u riječnim tokovima će opasti, naročito u toku ljeta i rane jeseni, što će utjecati na kvalitet vode. Nizak vodostaj i suše će se dešavati tokom ljetnih mjeseci, što će utjecati na snabdijevanje pitkom vodom i na turizam.

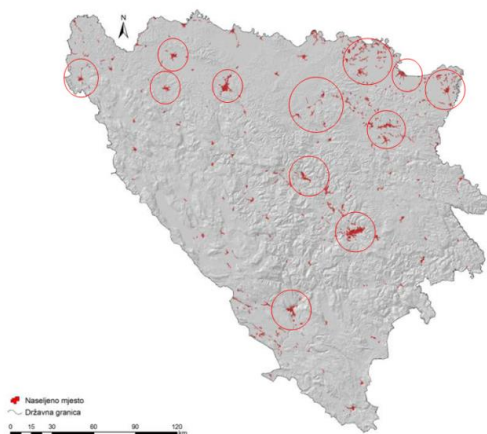
Ukratko, prognozirane promjene u obimu padavina i njihovoj distribuciji (prostornoj i sezonskoj), u kombinaciji sa povećanjima temperature i stopa isparavanja, vjerovatno će uzrokovati pojavu ekstremnijih događaja (poplava i suša), a dovest će i do manjka vode koja je raspoloživa tokom ljetnih mjeseci, naročito u mediteranskom području i Hercegovini (najteža situacija će biti u krečnjačkim krškim predjelima).

Neophodna su poboljšanja na kritičnoj mrežnoj infrastrukturi (zaštita od poplava i

infrastruktura za skladištenje vode), kao i mehanizmi za bolje upravljanje vodosnabdijevanjem i distribucijom. Sve veća varijabilnost vremenskih uslova zabilježena je u svim godišnjim dobima, sa brzim promjenama koje se dešavaju u kratkim vremenskim periodima iz ekstremno hladnih u tople vremenske prilike, ili iz perioda ekstremno obimnih padavina u sušne periode. U okviru specifičnog konteksta Bosne i Hercegovine, pet od posljednjih 12 godina su bile veoma suhe do ekstremno suhe, a četiri godine su bile obilježene ekstremnim poplavama. Posljednje četiri godine imale su obilježja ekstremnih vremenskih prilika: poplave 2009. i 2014. godine, suša i val vreline 2011. i 2012. godine, val hladnoća početkom 2012. i snažan vjetar sredinom 2016. godine.

Klimatske promjene intenziviraju niz već postojećih opasnosti i na taj način utječu na aktivnosti povezane sa izdržavanjem, kritičnom infrastrukturom i ekonomskom aktivnošću.

Usprkos tome, država treba pronaći način da ublaži negativne utjecaje i adaptira se na sadašnje klimatske promjene i njihove posljedice u ključnim sektorima kao što je logistika (Slika 3).



Slika 3: Urbana naselja – vruće tačke na području BiH

Sektor logističke infrastrukture često se ističe kao vrlo važan sektor na kojem treba raditi. Funkcionalna infrastruktura je fizička okosnica svakog društva i bez nje je neminovno suočavanje sa ozbiljnim problemima.

Nakon poplava iz 2014. godine BiH je ponuđena pomoć od nekoliko različitih programa financiranih od strane donatora. I u periodu prije poplava BiH građani su bili svjesni problema sa promjenjivim vremenom, pa je 2013. godine pokrenuta Državna platforma za smanjenje rizika od katastrofa. Iste je godine usvojena Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za BiH. Međutim, BiH se suočava sa značajnim institucionalnim, finansijskim i ograničenjima ljudskih resursa kada je u pitanju rješavanje problema klimatskih promjena. Rad na prilagođavanju klimatskim promjenama i izgradnji otpornog društva je složen. To zahtijeva pristup različitim vrstama znanja, poput klimatskih projekcija i njihovih uticaja na prirodne opasnosti.

Uticaji klimatskih promjena imaju potencijalno ozbiljne posljedice na transportno-logističku mrežu (Slika 4), zbog toga kako bi se povećala otpornost na klimatske promjene potrebno je sistemski integrirati procjene klimatskih rizika i mjere prilagodbe u investicijske transportno-logističke operacije.



Slika 4: Poplavljene ceste

To zahtijeva potrebu za boljim razumijevanjem odnosa između vremenskih prilika i strukture logističke mreže, potrebu za saradnjom s drugim zainteresiranim stranama i potrebom za razvijanjem pristupa prilagođavanju klimatskim promjenama. Ciljevi koji moraju biti dostignuti u procesu identifikacije mjera su:

1. uspostavljanje odgovarajućeg institucionalnog okvira za procjenu, upravljanje i pružanje informacija o klimatskim rizicima na logističkoj mreži;
2. procjena klimatskih rizika na logističkoj mreži i mapiranju specifičnih slabosti;
3. priprema strategije prilagođavanja klimatskim promjenama;
4. implementacija mjera otpornosti na klimatske promjene u okviru relevantnog investicionog projekta.

### 3. MAPIRANJE RIZIKA I RANJIVOSTI LOGISTIČKE MREŽE

Logistička mreža je kompleksan sistem međusobno i interesno povezanih logističkih centara, saobraćajnica, koridora, ruta, linija, logističkih lanaca, logističko-distribucijskih lanaca, transportnih lanaca, transportnih mreža koji omogućuje brze, sigurne i racionalne procese proizvodnje logističkih proizvoda.

Mreža je, zapravo, složen model za izgradnju temeljne strukture logističkoga sustava, koja se sastoji od čvorova, odnosno mrežnih uzloga i niti. Čvorovi predstavljaju logističke centre, robnodistribucijske centre, robnotrgovinske centre, robnotransportne centre, a niti u logističkoj mreži predstavljaju transportnu mrežu. U logističkoj mreži objekti ili predmeti prijevoza kreću se mrežom uz zaustavljanje u čvorovima mreže. Budući da se čvorovi



mogu različito povezati, tako se i proizvodi iz tih čvorova mogu različito nastaviti kretati mrežom. Mrežom se ne kreću samo proizvodi, već i ljudi, informacije, energija, odnosno sve što može biti predmetom prometovanja.

Suptilnom kvalitativnom i kvantitativnom analizom pojma logistička mreža može se ustvrditi da svaka logistička mreža ima svoje bitne elemente: logistička mreža oka, logističke mrežne čvorove, logističke stranice između logističkih čvorova, odnosno stranice logističkih mrežnih oka. Cilj mapiranja je identificirati, procijeniti i osigurati otpornost postojeće logističke infrastrukture i objekata te omogućiti bolje operativno donošenje odluka u odnosu na uposlene, infrastrukturu ili objekte koji su pod nepovoljnim uticajem ekstremnih vremenskih uslova. To podrazumijeva povećanu potrebu da se upravljanje rizikom na efektivan način integrira u razvojne logističke strategije te zahtijeva izradu efektivne strategije za smanjenje i upravljanje rizicima.

Mapiranje rizičnih tačaka daje pregled opšte izloženosti i ranjivosti sistema, odnosno pregled izazova s kojima se BiH suočava u vezi s klimatskim promjenama i logističkim sistemima. Mapa rizika može ukratko prikazati tačke poplava i klizišta koji predstavljaju najveće rizike, promjene količine padavina i ograničene mogućnosti predviđanja ekstremnih događaja.

Uz pretpostavku da će klimatske promjene još više utjecati na učestalost rizičnih događaja, otpornost će se osloniti na kapacitete logističkih mreža i na sistematsku integraciju otpornosti na klimatske promjene u budućim investicijama uz rano prepoznavanje i uklanjanje klimatskih rizika na logističkoj mreži u BiH. Plan otpornosti i rizika na klimatske promjene mora biti usklađen sa

državnom strategijom transporta i Državnom platformom za smanjenje rizika od katastrofa, kao i Strategijom prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za BiH.

Značajni rizici klimatskih promjena uključuju povećanu količinu padavina i veću varijabilnost i intenzitet kiša. Činjenica da velika kiša već povećava uticaj klizišta na transportnu mrežu, i da bi broj i intenzitet kišnih događaja mogao postati češći, naglašava važnost utvrđivanja ranjivosti logističke mreže u slučaju velikih kiša prilikom planiranja preventivnih investicija. Iako poplave ne mogu biti same po sebi problem, one često dovode do klizišta u poplavljenim područjima i time utiču na logističke koridore. Drugi problem je u tome što nekontrolisana sječa povećava nestabilnost i također može uticati na tok vode u rijekama i potocima. Mnogi tokovi nisu dovoljno regulisani i često mijenjaju svoje pravce. Zatim veliki problem je nekontrolirana izgradnja i urbanizacija duž logističkih pravaca. Područja oko cesta su popločana, a površine infiltracije smanjene. U takvim uslovima postojeća drenaža može biti nedovoljna.

Zbog velike raznolikosti klime, različiti dijelovi BiH suočavaju se s različitim vrstama prijetnji i rizika na logističku mrežu. Tokom zime intenzivne snježne padavine, grad, lavine i vrlo fluktuirajuće temperature mogu uzrokovati teške probleme za distribuciju u njihovom svakodnevnom radu.

U proljeće, topljenje snijega, visok nivo vode, kiša i mraz može oštetiti skladišnu infrastrukturu uzrokujući poplave (Slika 5), klizišta i pukotine. Tokom ljeta i jeseni, intenzivne kiše mogu, na primjer, dovesti do mulja i poplava u logističkim skladištima. Duga razdoblja toplote i suše mogu oštetiti asfalt i dovesti do velikih



oštećenja na cesti, kada konačno padne kiša.



Slika 5: Poplavljeno skladište

Zimska operacija jedan je od glavnih izazova, posebno na planinskim cestama jer visoke dnevne varijacije temperature otežavaju zimsko održavanje. Snježne padavine mogu da oštećuju logističke kapacitete. Primjeri ekstremnih padavina jesu zime u 2000., 2007. i 2011. godini. Osim toga, lavine i klizeći snijeg su problem.

Promjenjive temperature oko nule mogu uzrokovati zamrznuće pojedinih pretovarno transportnih uređaja a varijacije temperature povećavaju rizik od klizišta. Dugo razdoblje sa niskim temperaturama može dovesti do mraza kada je zima završena.

Ostali rizici obuhvaćaju povećan rizik od požara logističkih skladišta uslijed nedostatka vlage; dokazanu sve češću pojavu sve intenzivnijih gradonosnih oluja, sa posljedicama za industrijske kapacitete; problem uočene povećane brzine vjetra i oluja koji može imati štetne utjecaje na infrastrukturu. Drugi aspekt stanja logističke mreže u prilagođavanju na promjene je poznavanje specifičnih ranjivosti pojedinih infrastrukturnih objekata, kako ih procijeniti i kako tumačiti i koristiti rezultate procjene.

Proces mapiranja podrazumijeva da zbog velike raznolikosti klime, različitih

djelovi BiH suočavaju se s različitim vrstama prijetnji logističkoj mreži.

#### 4. IDENTIFIKACIJA MJERE PRILAGOĐAVANJA LOGISTIČKE MREŽE

Mjere za prilagođavanje klimatskim promjenama programi su ublažavanja, koje su podržane i omogućene, u potpunosti ili djelomično, pomoću novih logističkih tehnologija, finansijskih sredstava i aktivnosti izgradnje kapaciteta. Mjere za ublažavanje klimatskih posljedica mogu sadržavati širok spektar različitih pristupa, uključujući provođenje logističkih programa i individualnih projekata, ili specifičnih promjena koje se provode u cilju smanjenja emisija plinova staklene bašte [3]. Efektivne mjere prilagođavanja logističke mreže su neophodne kako bi se smanjile ranjivosti i povećala otpornost logističkih kapacita. Mjere prilagođavanja logističke mreže na klimatske promjene zahtijevaju bolju informiranost o potencijalnom stepenu problema, a zatim i usmjeravanje investicija npr. u adekvatnu skladišnu klimatizaciju ili npr. u postrojenja za rad u ekstremnim uslovima.

Iako su mjere za ublažavanje nužne kako bi se minimalizirali utjecaji klimatskih promjena i osiguralo da se tim promjenama može upravljati, prilagođavanje također nudi mogućnosti koje iz tih promjena proizlaze. Prilagođavanja logističke mreže je koncept koji se zasniva na uvođenju:

1. mjera pripreme logističke mreže za neželjene posljedice i iskorištavanje mogućnosti nastalih kao posljedica klimatske varijabilnosti i promjena klime koje nisu mogle biti izbjegnute; i
2. mjera za ublažavanje klimatskih promjena na logističke mreže, kojim se smanjuju emisije plinova staklene bašte putem unaprijedene energetske i materijalne efikasnosti, kao i putem

uvođenja obnovljivih izvora energije u logističke sisteme.

Identificirane mjere u svakom logističkom podsistemu imaju izgrađene modalitete podrške i sufinansiranja. Tako npr. logističke skladišne zgrade moraju unaprijediti sistem grijanja. Prestanak korištenja lož ulja i uglja za grijanje skladišnih površina i njihova zamjena energetski efikasnijim sistemom, biomasom, termosolarnom i geotermalnom energijom (sa električnom energijom za napajanje ovih instalacija). Uvođenje mjerenja na nivou skladišta i pojedinačnog mjerenja u potrošnji toplotne energije u svim sistemima. Smanjenje emisija u prevozu optimizacijom mreže i ruta te prostorno uređenje u smislu minimizacije prevoza. Cilj mjera je također smanjiti potrebu za prevozom ili smanjiti pređene razdaljine izražene kao prevezena roba izražena u km/toni.

Mjere se odnose na prostorno planiranje i uređenje - mreže puteva i njihova dužina u odnosu na udaljenost zračnom linijom. Distribucija naseljenih mjesta, industrijskih zona, trgovačkih centara, centara uprave (mjesta življenja, radna mjesta i upravna mjesta bi trebala biti blizu glavnih logističkih koridora). Svaki prostorni i urbanistički plan mora sadržavati analizu generiranog saobraćaja i mjere za minimiziranje saobraćaja na logističkim pravcima.

## 5. ZAKLJUČAK

Otpornost kapaciteta logističke mreže Bosne i Hercegovine na klimatske rizike mora biti oslonjena na sposobnost sistemskog integrisanja klimatskih otpornosti u buduće logističke investicije. U radu je istražena veza između prirodnih

opasnosti i ugroženosti logističke mreže na području BiH te je stavljen naglasak na važnost aktivnog provođenja mjera za smanjenje rizika, kroz planiranje i poticanje na proaktivno djelovanje.

Dosadašnji strateški pristup ne sadrži integrirane mjere za ublažavanje utjecaja klimatskih promjena a niti mjere za prilagođavanje na klimatske promjene u logističke sisteme [4]. Bez koordiniranih i planskih pristupa prilagođavanju na klimatske promjene, ovaj sistem će se suočavati sa ekonomskim posljedicama i negativnim utjecajima, ukoliko se strateške aktivnosti ne poduzmu odmah, povećat će se troškovi budućih mjera prilagođavanja logističke mreže na klimatske promjene. Zapravo fokus upravljanja prirodnim nepogodama je na smanjenju rizika na logističku mrežu.

## LITERATURA

- [1] Prvi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama. Banja Luka, oktobar 2009. godine.
- [2] Drugi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama. Banja Luka, oktobar 2013. godine.
- [3] Commission of the European Communities. (2005). Green Paper on a European Programme for Critical Infrastructure Protection, , Brussels, 17/11/2005, COM 576 Final,
- [4] Berković, M., Kosoavac, A. (2014). Sigurnost kritične mrežne infrastrukture na području Bosne i Hercegovine u uslovima klimatskih promjena, TEC Journal, Vol 2.

## SUMMARY

### **IDENTIFICATION OF MEASURES FOR ADJUST TO RISKS OF CLIMATE CHANGE ON LOGISTIC NETWORKS BOSNIA AND HERZEGOVINA**

**Abstract:** *In the paper, we identify measures and map specific weaknesses for adapting the risks of climate change to logistic networks in Bosnia and Herzegovina. Risks related to climate change in Bosnia and Herzegovina were particularly pronounced in the floods of 2014. They have an impact on numerous logistic operations, and emphasize the need to incorporate climate risks into investment decisions in short-term and long-term logistics infrastructure. The fact that only heavy rain already increases the impact of landslides and flooding on the logistics network and its storage capacities and that the number and intensity of rainfall may become more frequent emphasizes the importance of identifying the vulnerability of the logistics network in the event of major rainfall when planning for preventive investments. Effective adaptation measures to climate change are necessary to reduce vulnerabilities and increase the resilience of logistics networks and its capacity.*

**Key words:** *logistics network, climate change, risks, measures*

**GRUPA E**

---

**EKSPLOATACIJA I UPRAVLJANJE  
PUTEVIMA**

---



**GRUPA E**

**EKSPLOATACIJA I UPRAVLJANJE PUTEVIMA**

---

**EKONOMSKO VREDNOVANJE "GREEN MOBILITY" PROJEKATA -BICKLISTIČKA INFRASTRUKTURA**

*Draženko Glavić, Marina Milenković, Miloš Pavlović*

**ISPLATIVOST UPOTREBE SLUŽBENIH VOZILA NA ELEKTRO POGON U JAVNIM PREDUZEĆIMA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU**

*Aleksandar Radosavljević, Petar Đapić, Igor Kovačević*

**PRIMENA METODE VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ZA VREDNOVANJE VARIJANTNIH REŠENJA – PRIMER TUNELA U BEOGRADU**

*Mladen Nedeljkov, Kristina Jeftić, Aleksandar Trifunović, Milica Gajić*

**UPOTREBA PUTNOG METEOROLOŠKOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA UNAPREĐENJE ZIMSKOG ODRŽAVANJA MREŽE DRŽAVNIH PUTEVA REPUBLIKE SRBIJE**

*Zoran Borojević*

**UTICAJ HRPAVOSTI PUTA NA TROŠKOVE EKSPLOATACIJE**

*Katarina Tadić, Olivera Damjanović*





# EKONOMSKO VREDNOVANJE “GREEN MOBILITY” PROJEKATA - BICKLISTIČKA INFRASTRUKTURA

**Draženko Glavić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, drazen@sf.bg.ac.rs

**Marina Milenković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, marinamilenkovic@sf.bg.ac.rs

**Miloš Pavlović**, Institut za puteve, Beograd, milosapavlovic@gmail.com

**Rezime:** U ekonomskom vrednovanju projekata u Srbiji (izradi Prefeasibility studije u Generalnom projektu, odnosno Feasibility studije u Idejnom projektu) u prošlosti nije bilo primera Cost-Benefit Analize (CBA) projekata biciklističkih saobraćajnica. U poslednjoj deceniji sa porastom svesti o prednostim bicikliranja, kao i trendovima koji dolaze iz Evrope, posebno u projektima finansiranim iz EU fondova pojavljuje se određeni broj projekata iz ove oblasti, pre svega na EuroVelo rutama, kao i u gradovima. Nedostatak adekvatne domaće literature iz ove oblasti povod je pisanju ovog rada. Kroz pregled relevantne literature i svetskih iskustava iz ove oblasti analiziraće se modeli proračuna troškova i koristi. Rad će nakon analize postojeće literature, dati preporuke za izradu Studija opravdanosti biciklističkih saobraćajnica i biciklističke infrastrukture u Srbiji.

**Ključne reči:** Biciklizam, troškovi, koristi, CBA, klimatske promene, Studija opravdanosti

## 1. UVOD

Analiza troškova i koristi se koristi u utvrđivanju izvodljivosti investicionih projekata sistematičnim kvantifikovanjem njihovih troškova i koristi.

Većina istraživanja u oblasti CBA fokusirano je na procenu uticaja putnih investicionih projekata, kako u SAD-u, tako i u mnogim drugim zemljama. Za sada, ne postoji utvrđena metodologija za procenu ekonomskih troškova i koristi od projekata vezanih za biciklizam.

Na primer, u Danskoj koja predstavlja jednu od najrazvijenijih država današnjice u pogledu razvoja biciklizma i pripadajuće infrastrukture, priručnik za ekonomsku analizu troškova i koristi ne sadrži preporuke vezane za biciklizam. Takođe, ne postoji zvanična metodologija, kao ni preporučene jedinične cene za analizu troškova i koristi projekata biciklističke infrastrukture.

Da bi se sproveda analiza troškova i koristi biciklističkih projekata pod jednakim uslovima sa drugim vidovima prevoza potrebno je uspostaviti metodološku osnovu, kao i jedinične cene za biciklistički saobraćaj.

Samim tim saobraćajni inženjeri su suočeni sa značajnim izazovima u pokušaju da utvrde direktne koristi korisnika biciklističke infrastrukture i indirektnu korist za zajednicu.

## 2. ISTRAŽIVANJA

Priručnik za projektovanje biciklističkih objekata Wisconsin [1], ažuriran 2006. i 2009. god., sadrži detaljna uputstva za razvoj biciklističkih staza. Korve i Niemeier [2] razvili su metod analize koristi za analizu uticaja poboljšane biciklističke faze na postojećem signalisanim raskrsnicama. Zatim su sprovedli analizu osetljivosti kako bi ustanovili kako se odnos troškova i koristi menja u zavisnosti od korišćene diskontne stope. Salensminde [3] je

predstavio CBA uzimajući u obzir koristi od povećanog nivoa bezbednosti kao i poboljšanja zdravstvenog stanja i sposobnosti korisnika usled upotrebe nemotorizovanog vida prevoza. Rezultati pokazuju da je procenjena korist ulaganja u biciklističku infrastrukturu najmanje 4-5 puta veća od troškova. Smernice za analizu ulaganja u objekte za bicikle [4] pružaju detaljne podatke o kategoriji troškova i koristi koje treba uključiti u analizama za projekte biciklističke infrastrukture. Iako su ovi podaci poznati, i dalje nije potpuno jasno kako proceniti ekonomski uticaj na zdravlje postojećih i budućih korisnika biciklističke infrastrukture.

Krizek i dr. [5] definisali su metodologiju za analizu troškova i koristi različitih vrsta biciklističke infrastrukture. Krizek [4] je sproveo detaljan pregled relevantne literature koja ocenjuje ekonomske prednosti biciklističkih objekata. Pucher & Buehler [6] ispitivali su niz mogućih faktora učešća bicikla na gradskim putovanjima u Kanadi u poređenju sa Sjedinjenim Državama. Koristeći višestruku regresionu analizu za ispitivanje relativnog značaja svakog faktora uticaja, zaključili su da oblasti sa većom gustinom naseljenosti i raznolikom namenom površina podstiču upotrebu biciklizma.

U 2006. godini, Svetska zdravstvena organizacija (SZO) za Evropu je sproveda projekat ekonomske procene uticaja biciklizma na zdravlje. Podržan od strane SZO, Cavill i dr. [7-8] razvili su alat za ekonomsku procenu uticaja biciklizma na zdravlje u cilju procene koristi od smanjenja smrtnosti kao posledice biciklizma.

Meschik [9] je u svom radu podelio ukupne troškove na interne troškove (primarno plaćene od strane korisnika transporta) i eksterne troškove transporta

koje ne plaćaju direktno korisnici transporta već opšta javnost, kao što su troškovi zagađenja, troškova nezgoda, troškovi zdravstvene nege i dr.

Kao što je već navedeno, još uvek ne postoji zvanično utvrđena metodologija za CBA analizu ulaganja u biciklističke projekte. Dosadašnja istraživanja uglavnom se svode na raznovrsne studije slučaja. Najveći doprinos do sada dale su skandinavske zemlje.

Studija koju je sproveo Salensminde [3], predstavlja CBA pešačkih i biciklističkih objekata u tri norveška grada. Prvi put, u CBA uzima se u obzir činjenica da promena vida prevoza - od vožnje automobilom do biciklizma ili pešačenja znači smanjenje zdravstvenih troškova, eksternih troškova (npr. zagađenje vazduha i buka) i smanjene troškova parkiranja. Švedska uprava za puteve i Švedska agencija za zaštitu životne sredine preduzeli su inicijativu za projekat koji ima za cilj poboljšanje osnova za odlučivanja o ulaganju u biciklističku infrastrukturu [10-11]. Kada je reč o Finskoj, Ministarstvo saobraćaja i veza ove države objavilo je 2004. godine priručnik koji sadrži smernice za procenu troškova i koristi, investicionih projekata i drugih mera koje se odnose na pešačenje i biciklizam. Stručnjaci iz ove oblasti su se složili da su udobnost, sigurnost, efekti javnog zdravlja, saobraćajne nezgode, vreme putovanja i troškovi bicikla glavni direktni efekti koji treba uključiti u analizu troškova i koristi od vožnje bicikla.

Druge efekte kao što je smanjenje eksternih troškova (održavanje, emisije, buka, itd.) motorizovanog saobraćaja, zatim posledice koje se odražavaju na javni prevoz, efekti na prevoz školske dece i kratkoročno odsustvo sa posla, treba uključiti u koristi ako mogu biti kvantifikovani.

### 3. ANALIZA TROŠKOVA I KORISTI

Troškovi biciklističke infrastrukture se zasnivaju na dokumentaciji izvođača radova, pre svega na predmeru i predračunu, dok se operativni troškovi za biciklizam sastoje od troškova osiguranja, popravke i održavanja. Ovi troškovi se mogu proceniti na 0,02€ po bicikl-kilometru. Ako se dodaju procenjeni kapitalni troškovi, ukupni trošak iznosi od oko 0,06€ po bicikl-kilometru.

Koristi od biciklizma su višestruke i do sada ne postoji konkretna metodologija ili

uputstvo za njihovo kvantifikovanje i utvrđivanje. Kao pomoć pri sprovođenju analiza troškova i koristi mogu se koristiti prosečne vrednosti korišćene u skandinavskim studijama prikazanim u Tabeli 1. Ako ne postoje konkretne vrednosti za konkretnu državu i region onda se navedene vrednosti mogu lokalizovati preko odnosa GDP.

CB analize koje su urađene u Norveškoj, Švedskoj, Finskoj i Danskoj pokazale su veoma visoku profitabilnost u biciklističkoj infrastrukturi.

Tabela 1: Pregled utvrđenih jediničnih cena po zemljama, izvor [12]

<i>Efekat</i>	<i>NORVEŠKA Saelensminde</i>	<i>ŠVEDSKA Lind et al</i>	<i>FINSKA Metsäranta, Tervonen</i>	<i>DANSKA Krag et al</i>
<b>Komfor</b>	-	SEK 0-20 po putovanju ili SEK 0-5 po biciklkm	Delimično uključeno u zdravstvene koristi (pristupačnost) i eksterni efekti (buka)	Koristi €0,06 po biciklkm (korisničke koristi)
<b>Bezbednost</b>	NOK 2 po bicikl-km	Vrednost uključena u komfor	-	-
<b>Zdravstvene koristi</b>	NOK 7.300 po godini (aktivna osoba)	SEK 12.000 po godini (aktivna osoba starosne dobi 50-60 godina)	€1.200 po godini (aktivna osoba)	DKK 2.760 po godini (aktivna osoba) ili €2.35 po biciklsatu (dodatna putovanja)
<b>Kratkotrajna odsustva</b>	NOK 2.500 po godini (zaposlena aktivna osoba)	-	Vrednost uključena u zdravstvene koristi	Vrednost uključena u zdravstvene koristi
<b>Eksterni troškovi</b>	NOK 0,4-1,4 po vozilo-km (smanjeni automobilski saobraćaj)	SEK 0,45 po vozilo-km (smanjeni automobilski saobraćaj)	€0,009-0,02 po vozilo-km (smanjena emisija), €10,6 po vozilo-km (smanjena gužva). Što se tiče mogućeg smanjenja emisije buke, vrednost od €959 koristi se za osobe podvrgnute nivoima buke iznad 55 dB	€0,05 po putnik-km (smanjeni automobilski saobraćaj)
<b>Parking</b>	NOK 325-1165 po mesecu ili vozilu (smanjeni parking)	Uključeno u eksterne troškove	Uključeno u generalne troškove vozila Uštede dobijene u promeni u načinu transporta u proseku od €24,7.	-
<b>Javni prevoz</b>	-	-	€1.8-3 po putovanju (smanjeni prihodi)	DKK 2 po putnikkm (smanjeni prihodi)
<b>Troškovi biciklizma</b>	-	SEK 0,6 po biciklkm	-	€0,05 po bicikl-km
<b>Deca (školski uzrast)</b>	3,90 NOK po detekm (smanjenje u transportu školskim autobusom)	-	-	-
<b>Nezgode</b>	-	MSEK 0,8-1,8 po nezgodi/povredi	€84.000 po nezgodi. Obračunata vrednost ljudskog života iznosi 1 934 000 € (koristi se za procenu nezgoda sa smrtnim ishodom)	-
<b>Vreme putovanja za bicikliste</b>	-	SEK 70-90 po bicikl-satu	€17,31 u proseku. (Varira u zavisnosti da li je poslovno putovanje ili putovanje u slobodno vreme).	€4,7 po bicikl-satu
<b>Vremeski gubici</b>	-	SEK 2,3 po minuti (biciklistički prelazi)	-	-

U svim studijama interna stopa rentabiliteta se kretala od 7.7 – 33%. Svakako, neto sadašnja vrednost u svim slučajevima je bila pozitivna, pri čemu su bile uključene i indirektno koristi. Izveštaj Saelensminde-a [3] pokazao je velike zdravstvene efekte biciklizma. Rezultat je izazvao interes za zdravstvene koristi od biciklizma.

#### 4. ZAKLJUČAK

Biciklizam igra jedinstvenu i važnu ulogu u efikasnom i pravednom transportnom sistemu. Pruža osnovnu mobilnost, pristupačan prevoz, fizičku aktivnost korisnika i rekreaciju. Takođe, biciklizam koristi i društvu u celini, uključujući ljude koji trenutno ne koriste biciklističku infrastrukturu.

Neke koristi biciklizma relativno je lako utvrditi. Transportni ekonomisti razvili su metode za utvrđivanje koristi od smanjenja zagušenja, troškova održavanja, troškova parkinga, troškove vozila, troškova nezgoda i troškova emisije.

Pojedini uticaji biciklizma mogu biti teži za kvantifikovanje, ali bi ih trebalo bar opisati. Ovo uključuje uživanje/komfor korisnika, jednakost, kompaktniji i dostupniji razvoj korišćenja zemljišta (pametna rast), ekonomski razvoj, poboljšanje životne sredine i dodatne koristi za životnu sredinu, kao što je očuvanje staništa.

S obzirom da u našoj državi ne postoji razvijena metodologija za Cost-benefit analize biciklističke infrastrukture, preporuka je da se koriste prethodna iskustva, pre svega skandinavskih zemalja. Svakako primena stranih iskustava iziskuje neophodnu kalibraciju i prilagođavanje lokalnim uslovima, pre svega za zemlje regiona u razvoju.

Metodološki okvir CBA projekata biciklizma, prema dosadašnjim inostranim

iskustvima, treba da uzme u obzir i sledeće koristi: udobnost i sigurnost, smanjenje troškova vezanih za zdravlje korisnika (troškovi lečenja, gubitak proizvodnje, socijalna davanja), smanjenje eksternih troškova (održavanje, emisija, buka, nezgode, itd.) motorizovanog saobraćaja, posledice javnog prevoza, i vreme putovanja korisnika.

Takođe, efekti koji se mogu uključiti u CBA biciklizma, ako ih je moguće evidentirati i kvantifikovati su: promene u javnom prevozu, zagađenje vazduha, klimatski promene, korišćenje zemljišta, urbani kvalitet, estetika, vizuelni doživljaj, itd.

Kao što je već napomenuto, svaka od zemalja ima svoje specifičnosti u zavisnosti od ekonomskih, kulturološkog i socijalnog razvitka, te u skladu sa tim je potrebno dodavati, kailibrisati i prilagođavati efekte koji mogu uticati na CBA na državnom, regionalnom, pa čak i opštinskom nivou, a sve u cilju, dobijanja što kvalitetnijih rezultata.

Razmena iskustava i učlanjivanje u evropske i svetske institucije u kojima zainteresovane strane mogu razmeniti stavove o metodološkim pitanjima CBA biciklizma je od ključnog značaja za dalji rad na ovoj tematici i potencijalni razvoj uputstava za analizu troškova i koristi biciklističke infrastrukture za Srbiju.

#### LITERATURA

- [1] Wisconsin Department of Transportation. (2004). Wisconsin Bicycle Facility Design Handbook.
- [2] M. J. Korve and D. A. Niemeier. (2002). Benefit-cost analysis of added bicycle phase at existing signalized intersection, Journal of transportation engineering, vol. 128, no. 1, pp. 40-48.
- [3] K. Salensminde. (2004). Cost–benefit analyses of walking and cycling track

- networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 38, no. 8, pp. 593-606.
- [4] K. J. Krizek. (2007) Estimating the economic benefits of bicycling and bicycle facilities: An interpretive review and proposed methods, *Essays on transport economics*, pp. 219-248.
- [5] K. Krizek, G. Barnes, G. Poindexter and et al, (2006). *Guidelines for analysis of investments in bicycle facilities*, Washington, DC: Transportation Research Board.
- [6] J. Pucher and R. Buehler. (2006). Why Canadians cycle more than Americans: a comparative analysis of bicycling trends and policies, *Transport Policy*, vol. 13, no. 3, pp. 265-279.
- [7] N. Cavill, S. Kahlmeier, H. Rutter, F. Racioppi and P. Oja. (2007). Economic assessment of transport infrastructure and policies. *Methodological guidance on the economic appraisal of health effects related to walking and cycling*, World Health Organization (WHO).
- [8] N. Cavill, S. Kahlmeier, H. Rutter, F. Racioppi and P. Oja. (2008). Economic analyses of transport infrastructure and policies including health effects related to cycling and walking: a systematic review, *Transport policy*, vol. 15, no. 5, pp. 291-304.
- [9] M. Meschik. (2012). *Reshaping City Traffic Towards Sustainability Why Transport Policy should Favor the Bicycle Instead of Car Traffic*, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 48, pp. 495-504.
- [10] G. Lind (2005). Benefits and costs of bicycle infrastructure. *Nordic Council of Ministers' seminar Stockholm*. February 1-2, 2005.
- [11] Naturvårdsverket. (2005). *Vilken är den samhällsekonomiska nyttan med cykeltrafikåtgärder? Försök till förbättring av beslutsunderlaget*.
- [12] Nordic Council of Ministers. (2005). *CBA of Cycling TemaNord 2005:556*, Copenhagen.

## SUMMARY

### ECONOMIC EVALUATION OF GREEN MOBILITY PROJECTS - BICYCLE INFRASTRUCTURE

**Abstract:** *In the past, there were no examples of Cost-Benefit Analyses (CBA) projects for cycling roads in the economic evaluation of projects in Serbia (Prefeasibility study in the General Project, or the Feasibility Study in the Conceptual Project). In the last decade with the awareness of the benefits of cycling, as well as the trends coming from Europe, especially projects funded by EU funds, there are a number of projects in this field, primarily on EuroVelo routes, as well as in cities. The obvious lack of adequate literature in this field is due to the writing of this paper. Through the review of the relevant literature in this field, the cost-benefit models will be analyzed. After the analysis of the existing literature, it will work on making recommendations for the preparation of Feasibility Studies for bicycle routes and bicycle infrastructure in Serbia.*

**Key words:** *Cycling, Costs, Benefits, CBA, Climate Change, Feasibility Study*



# ISPLATIVOST UPOTREBE SLUŽBENIH VOZILA NA ELEKTRO POGON U JAVNIM PREDUZEĆIMA I NJIHOV UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU

**Aleksandar Radosavljević**, *dipl.inž.saob. Saobraćajni Institut CIP, Beograd, radosavljevicaca@sicip.co.rs*

**Petar Đapić**, *dipl.inž.saob. Saobraćajni Institut CIP, Beograd, djapicp@sicip.co.rs*

**Igor Kovačević**, *dipl.ek. Saobraćajni Institut CIP, Beograd, kovacevici@sicip.co.rs*

**Rezime:** *U većini voznih parkova u Javnim preduzećima u Srbiji prevashodno se koriste konvencionalna vozila, odnosno vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Generalno posmatrano, konvencionalna vozila više utiču na zagađenje životne sredine u odnosu na elektro vozila. Pod zagađenjem životne sredine, smatra se zagađenje od izduvnih gasova, zagađenje zemljišta i vodotokova otpadnim uljima, kao i zagađenje od benznskih isparenja tokom punjenja vozila i tokom eksploatacije. Prednosti upotrebe elektro vozila se ogledaju kroz manje zagađenje okoline, smanjen nivo buke, male troškove pogonske energije, manje troškove održavanja, itd.*

*Globalnom upotrebom električnih automobila, preduzeća bi skrenula pažnju na smanjenje korišćenja fosilnih goriva za potrebe svakodnevnog transporta i doprinela bi smanjenju emisije ugljen dioksida i drugih gasova štetnih po okolinu. Nabavka ovih vozila treba da je u skladu sa poslovnim politikom preduzeća koja podrazumeva unapređenje održivog korišćenja energije i uticaja na životnu sredinu.*

*Predmetni Rad definiše obim ulaganja i ekonomsku isplativost, ukupne godišnje troškove poslovanja, očekivani godišnji prihod i povraćaj uložениh sredstava. Celokupno istraživanje sa analizom, zasniva se na poređenju svih relevantnih elemenata nabavke i eksploatacije elektro vozila koja treba da supstituišu klasična vozila sa konvencionalnim motorima koja za pogon koriste motore sa unutrašnjim sagorevanjem.*

*Sučeljavanjem projektovanih prihoda i rashoda od ovog investicionog ulaganja, u smislu poređenja očekivanih troškova i efekata, sprovedena "cost-benefit" analiza daje smernice za dalje aktivnosti u ovoj oblasti, u smislu ukazivanja na jasne elemente isplativosti ovakvog ulaganja i sa aspekta samog preduzeća u ulozi Investitora i sa aspekta šire društvene zajednice i privredno-poslovnog okruženja.*

**Ključne reči:** *elektro vozila, konvencionalna vozila, "cost-benefit" analiza, zaštita životne sredine*

## 1. UVOD

Sistem upravljanja energijom je sistem kompatibilan sa okruženjem, a to znači da se efikasnim postupcima proizvodnje, transformacije i potrošnje energije smanjuje zagađenje okoline, čuvaju resursi, kao i novac poreskih obveznika. Ciljevi sistema upravljanja energijom i uticajima

na okruženje su smanjenje zagađenja i operativnih troškova.

Automobili na električni pogon su budućnost auto industrije. Konvencionalni automobili zagađuju vazduh, dok je kod „zelenih“ automobila isključena emisija štetnih gasova, jer smanjuje CO<sub>2</sub> i svodi ga na nulu.

Upotrebom električnih automobila skreće se pažnja na smanjenje korišćenja

fosilnih goriva za potrebe svakodnevnog transporta i doprinosi se smanjenju emisije ugljen dioksida i drugih gasova štetnih po okolinu. Nabavka ovih vozila treba biti u skladu sa poslovnom politikom koja podrazumeva unapređenje održivog korišćenja energije i uticaja na životnu sredinu.

## **2. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE**

Električni automobil je automobil koji se pokreće elektromotorom, koristeći električnu energiju skladištenu u akumulatoru automobila ili drugim uređajima za skladištenje energije. Električno vozilo spolja izgleda kao vozilo na benzinski pogon, sa izuzetkom da električno vozilo nema auspuh.

Ono što je bitno za električna vozila je preovladavanje razlika između troškova razvoja, proizvodnje i rada, u poređenju sa ekvivalentnim vozilima s motorom sa unutrašnjim sagorevanjem. Električna energija se skladišti u baterije unutar automobila stoga je i cena samog električnog automobila viša nego automobila sa unutrašnjim sagorevanjem. Treba imati u vidu da cene baterija počinju lagano padati pa se može i očekivati veći broj električnih automobila u skorijoj budućnosti. Prednosti električnih automobila nad konvencionalnim automobilima jeste lokalno smanjenje zagađenja vazduha. Električni automobili se pokreću uz pomoć električne energije koja ukoliko se dobija npr. obnovljivim izvorima energije uzrokuje minimalno zagađenje za okolinu. Stepem iskorišćenja električnog automobila je oko 80% dok je iskoristivnost konvencionalnog automobila oko 36%. Ne koristeći naftu kao sredstvo za dobijanje mobilnosti već električnu energiju uveliko se smanjuje zavisnost od nafte stranih zemalja.

### **2.1. Zagađenje životne sredine**

Električni automobili doprinose čistijem vazduhu u gradovima, jer oni ne ispuštaju štetne materije u okolinu, kao što su čestice (čad), ugljovodonik, ugljen monoksid, ozon, olovo i razni azotni oksidi. Prednosti električnih automobila nad konvencionalnim automobilima jeste lokalno smanjenje zagađenja vazduha u gradovima, jer oni ne ispuštaju zagađenja iz svojih izvora energije tokom rada, zbog toga što su, zavisno od izvora električne energije koja se koristi za punjenje akumulatora, emisije štetnih materija u vazduh pomerene na mesto proizvodnje električne energije.

Ako se govori o održivosti i ekologiji, onda je ključno pitanje na koji način se vrši proizvodnja električne energije u zemlji u kojoj se električni automobil koristi. Ukoliko se električna energija, koja se koristi za punjenje akumulatora, proizvodi u elektrani koja za proizvodnju električne energije pretežno koristi fosilna goriva, onda se samo premestilo mesto zagađenja, a nije se rešio problem zagađenja vazduha.

U slučaju da električni automobili koriste za punjenje akumulatora električnu energiju koja dobija obnovljivim izvorima energije onda oni uzrokuju minimalno zagađenje okoline.

Korišćenjem solarnih panela ili nekog drugog vida obnovljivih izvora energije (vetro parkova, hidroelektrana), za punjenje akumulatora elektro automobila, ne bi dolazilo do zagađenja vazduha (ni lokalno ni na mestu proizvodnje električne energije), a došlo bi i do značajnih ušteda, jer bi se napajanje akumulatora automobila vršilo iz obnovljivih izvora energije. Višak električne energije bi se mogao koristiti za napajanje objekta u blizini.

Nivo buke koju prilikom svog rada proizvodi električni motor u vozilu znatno

je niži od motora sa unutrašnjim sagorevanjem. U zoni relativno malih brzina ( $\leq 20$  km/h), gde je dominantan uticaj motora, električni automobili proizvode buku koja je za 10 do 15 dB niža u odnosu na klasične. Povećanjem brzine, na ukupne nivoe buke počinju da utiču i druge komponente (npr. aerodinamika, penumatik, kontak pneumatik-kolovoz i sl.) te razlika između električnih i klasičnih vozila počinje da se smanjuje. Pri brzinama većim od 50 km/h, dominantni izvor buke postaje sam pneumatik i njegov kontakt sa kolovozom i u ovoj zoni više nema razlike između vozila sa elektro pogonom i vozila sa unutrašnjim sagorevanjem.

Kada se posmatraju pojedinačno električni automobili su veoma efikasni po pitanju buke pri brzinama manjim od 20 km/h, odnosno nešto manje efikasni do brzine od 50 km/h. Kako je saobraćajna buka mnogo viša od samih vozila, kako vozila ne mogu da se posmatraju izolovano i kako veliki broj faktora utiče na proizvodnju saobraćajne buke uticaj malog broja električnih automobila, na smanjenje ukupnog nivoa buke biće zanemarljiv.

## **2.2. Troškovi rada i održavanje**

Jedna od značajnih razlika između vozila na električni i na benzinski pogon je broj pokretnih delova. Električna vozila imaju jedan deo koji se kreće, motor, dok vozilo na benzinski pogon ima na stotine pokretnih delova. Manje pokretni delovi dovode električno vozilo do još jedne važne razlike. Navedeno vozilo zahteva periodično manje održavanje i pouzdanije je, što je bitno jer dovodi do finansijskih ušteda.

Benzinsko napajanje vozila zahteva širok spektar održavanja, promena čistog ulja, zamena filtera, periodične preglede, podešavanje i popravke izduvnih sistema, zamenu za komponente, kao što su pumpe

za vodu, pumpe za gorivo i alternatori. Za vozila sa električnim pogonom tih stvari skoro da nema, elektromotor ima samo dva ležaja koji direktno trpe trenje i prenos snage, nakon toga nastupa diferencijal bez menjača koji prenosi snagu na točkove, a sve skupa za rezervoar ima baterije koje ne traže nikakvo održavanje.

## **2.3. Vrste akumulatora (baterije)**

Celokupna električna energija koja se koristi za pokretanje električnog vozila, skladištena je u akumulatoru (bateriji). Tokom vožnje, energija se troši, odnosno akumulator se prazni. Da bi se konstantno imala električna energija koja pokreće vozilo, akumulatori imaju mogućnost dopunjavanja.

U električnim automobilima upotrebljavaju se većinom litijum-jonske baterije, a ima i slučaja gde jeftinije male elektromobile pokreću olovni-gel akumulatori. Različiti akumulatori, imaju različit vek trajanja.

Generalno, litijum-jonske baterije koje se koriste u elektro vozilu su zapečaćene i ne održavaju se. Međutim, trajnost ovih baterija je ograničena i zahteva periodične zamene. Na tržištu se sve više razvijaju nove tehnologije za baterije, kako bi produžili vek trajanja i eliminisale potrebe za zamenom baterije - što će povećati potražnju za električnim vozilima. Danas baterije traju 7 do 10 godina, što je sasvim dovoljno, ali ide se prema još naprednijim tehnologijama. Međutim, vek trajanja dosta zavisi i od vrste, proizvođača, načina punjenja (brzo ili sporo) i vožnje, vremenskih uslova (ekstremne temperature joj skraćuju vek), itd. Poseban problem je to što bateriji vremenom opada kapacitet, tako da se i čitavu deceniju može koristiti ista baterija, ali će se na kraju sa jednim punjenjem moći preći znatno manja

kilometraža nego na početku njenog životnog veka.

Jačina baterija na tržištu zavisi od proizvođača do proizvođača. Jača baterija ima za posledicu i mogućnost veće pređene kilometraže po jednom punjenju. Na trenutnom tržištu zastupljene su baterije od 10kWh do 80kWh.

Većina električnih automobila izuzev "Tesla" imaju deklarirani domet od 120-150km, zavisno od proizvođača. Kako je "Tesla" najkompletniji automobil ima i najveći kapacitet sačuvane energije, oko 85kWh za najjači model, a domet mu se kreće oko 350-400km po jednom punjenju. Kod drugih proizvođača, domet je znatno manji, imajući u vidu da su baterije slabije. Primera radi, za jačinu baterije od oko 33kWh moguće je preći oko 180km, dok kod drugog proizvođača za bateriju od oko 20kWh, moguće je preći oko 160km po jednom punjenju.

Po pravilu, električni automobili do 1t prosečno troše oko 12kWh na 100km. Veliki automobili poput "Tesla S" troše 20kWh i više na 100km, pa je razumljivo da sa svojom jačinom baterije od 85kWh može preći i do 400km. Kako bateriju nije

dobro često prazniti do nule poželjno je imati i 20% rezerve uz kilometražu koja je potrebna da se pređe.

#### **2.4. Prateća infrastruktura (punjači) i prosečno vreme punjenja**

Za razliku od ostalih alternativnih goriva, električna vozila zahtevaju znatno manja ulaganja i napore u razvoj infrastrukture za njihovo punjenje. Električna energija je dostupna u svakoj kući, na radnom mestu, šoping centru i centrima gradova.

Električna vozila se električnom energijom pune uz pomoć punjača na stanicama za napajanje, tzv. punionici. Stanice za punjenje električnog vozila, označavaju element infrastrukture koji obezbeđuje električnu energiju i dopunjuje električno vozilo na radnom mestu, kod kuće ili na javnim stanicama. Pri tome se naizmenična struja na naponu javne elektroenergetske mreže pretvara u jednosmernu struju za punjenje baterija na naponu koji odgovara bateriji, odnosno potrebama vozila.

Postoje četiri načina punjenja, o čemu zavisi spoljna oprema za punjenje, a time i brzina punjenja (tabela 1).

*Tabela 1. Parametri punjenja električnih vozila, zavisno od varijante priključka*

parametri punjenja	varijante priključka (utičnice)				
	šuko	tip 1	tip 2	CHAdeMO	CCS
napon (V)	230	230	400	500	500
jačina struje (A)	10-16	16-32	16-63	125	125
faznost i smer struje punjenja	monofazna naizmenična	monofazna naizmenična	trofazna naizmenična	jednosmerna	jednosmerna
snaga (kW)	2-3,7	3,7-7,4	11-44	50	50
trajanje punjenja	8-10 h	3-5 h	< 1-3 h	20 min.	20 min.

### **3. POSTOJEĆE STANJE I POSTOJEĆA INFRASTRUKTURA**

Imajući u vidu da se kao društvo, nalazimo u ranoj fazi realnog korišćenja vozila na elektro pogon, uz izuzetno mali raspoloživi broj vozila u eksploataciji, pre detaljne "cost benefit" analize, potrebno je sagledati i trenutno stanje u Republici Srbiji.

Podaci MUP-a (iz avgusta 2017. godine) pokazuju da je u našoj zemlji trenutno registrovano ukupno 128 električnih vozila, a da je od tog broja, 90 vozila registrovano u Beogradu. U broj vozila na električni pogon upisanih u jedinstveni registar vozila su uključeni i električni skuteri, kao i električni autobusi i trolejbusi.

Na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku iz marta 2017. godine, može se videti da je broj registrovanih vozila (motocikli, mopedi, putnički automobili i autobusi) u Republici Srbiji 1.906.952 registrovanih vozila, dok je taj broj u Beogradu 530.669 registrovanih vozila. Dolazi se do zaključka da je broj registrovanih vozila na elektro pogon u odnosu na broj konvencionalnih vozila veoma mali, odnosno da je broj registrovanih elektro vozila 0.007% od broja registrovanih konvencionalnih vozila na nivou Republike, dok je taj odnos 0.02% na nivou teritorije grada Beograda.

Trenutna mesta gde se elektro vozila mogu napuniti električnom energijom su, pored mogućnosti individualnog punjenja iz "kućne mreže" (vezivanjem na klasičnu elektro utičnicu) i mesta na namenskim punionim priključcima koji se nalaze u sastavu pojedinih naplatnih stanica JP "Puteva Srbije". Pored toga, punjača ima i u sklopu pojedinih ekskluzivnih hotela, restorana, ugostiteljskih objekata, sportskih kladionica, auto servisa, javnih garaža i parkinga, trgovačkih maloprodajnih objekata i sličnih uslužnih mesta. U većini slučajeva, ovo je dopunska, ekskluzivna ponuda, koja se javlja veoma sporadično i u ovoj ranoj razvojnoj fazi, u većini slučajeva, nije predmet komercijalnog poslovanja u smislu obezbeđivanja prihoda po ovom osnovu, jer se usluga često ne naplaćuje, već se javlja samo kao dopunski motiv za privlačenje potrošača (koji poseduju ovakva vozila) njihovoj osnovnoj delatnosti.

#### **4. IMPLEMENTACIJA SOPSTVENIH ELEKTRO PUNJAČA**

Uz uvođenje vozila na elektro pogon u neko preduzeće svakako mora biti sagledan i deo koji se odnosi na

mogućnosti za sopstveno punjenje ovih vozila.

Za očekivati je da će u doglednoj budućnosti, vlasnici postojećih punjača u Srbiji svoje usluge početi naplaćivati. To će svakako biti razlog više za razvojem sopstvene infrastrukture koja se odnosi na punjenje elektro vozila.

Da bi se tokom početnog perioda eksploatacije dobili optimalni rezultati korišćenja vozila, potrebno je napraviti detaljan plan rasporeda vožnje. Isto tako, bitno je predvideti i periode punjenja vozila (noćno ili dnevno), što takođe zavisi od interne strategije upotrebe voznog parka. Ovo se prevashodno odnosi na načine korišćenja vozila:

- da li se vozila zadužuju - vožnja od kuće do posla;
- da li su vozila parkirana na zajedničkom parkingu, pa se koriste i vraćaju na kraju radnog dana;
- da li se vozilo koje treba da se napuni doveze do mesta punjenja i preuzme prvo slobodno napunjeno vozilo, itd.

#### **5. "COST BENEFIT" ANALIZA**

Potencijalni efekti eventualne nabavke predmetnih službenih putničkih motornih vozila sa pogonom na električnu energiju su analizirani Cost-Benefit analizom (CBA), tj. sa usklađenom i verifikovanom metodologijom koja predstavlja zajednički standard za investicije svih veličina i oblasti primene.

Cost-Benefit analiza sprovedena u okviru ovog poglavlja izvršena je u skladu sa principima Vodiča za analizu isplativosti investicionih projekata (eng. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects), Generalni direktorat za Regionalnu politiku EK, decembar 2014.

Posmatrani period eksploatacije je 10 godina (2019.-2028. god.).

Cost-Benefit analiza ima dvostruki cilj, sa težnjom da proceni:

1. Finansijsku izvodljivost projekta, u uslovima čistog novčanog toka sa stanovišta potencijalnog investitora;
2. Ekonomsku izvodljivost projekta, u pogledu troškova i koristi sa opšteg društveno-ekonomskog stanovišta.

### 5.1. Finansijska ocena

Cilj finansijske analize jeste procena da li protok novca budućeg projekta stvara

odgovarajuće i održive povraćaje, posebno merene finansijskom internom stopom povraćaja (FIRR) i odgovarajućom finansijskom neto sadašnjom vrednosti (FNPV). Ova analiza sadrži evaluaciju pomoću ključnih informacija o ulaznim i izlaznim vrednostima, njihovim cenama i ukupnom vremenskom okviru prihoda i troškova.

*Tabela 2. Uporedni pregled troškova nabavke i upotrebe vozila*

Опис	Vozila sa motorima isključivo na električni pogon			Konvencionalna motorna vozila sa pogonskim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem (SUS)		
	Potrošnja	Jedinična cena	Jedinični troškovi	Potrošnja	Jedinična cena	Jedinični troškovi
	<i>kWh</i>	<i>EUR</i>	<i>EUR</i>	<i>l</i>	<i>EUR</i>	<i>EUR</i>
Prosečna potrošnja energije na 100 km	13	0,0664	0,8632	8	1,2	9,6
Prosečni godišnji troškovi održavanja po vozilu			200			1.100
Prosečna cena nabavke vozila			32.000			15.000

### 5.2. Investiciona ulaganja

Sprovedenom analizom nabavnog tržišta utvrdene su realne tržišne cene po kojim je moguće sprovesti nabavku, dok se

uvidom u realne potrebe i mogućnosti preduzeća, pretpostavljena visina investicionih ulaganja, kao i vremenska dinamika realizacije (tabela 3).

*Tabela 3. Očekivana ulaganja u nabavku vozila na električni pogon i opreme za punjenje*

Godina nabavke	Nabavka električnih vozila			Nabavka i instaliranje opreme za punjenje		
	Količina (komada)	Jedinična cena (u EUR)	Vrednost nabavke (u EUR)	Količina (komada)	Jedinična cena (u EUR)	Vrednost nabavke (u EUR)
2019.	10	32.000	320.000	1	25.000	25.000
2020.	10	32.000	320.000	1	25.000	25.000
2021.	10	32.000	320.000	1	25.000	25.000
<b>Ukupno:</b>	<b>30</b>		<b>960.000</b>	<b>3</b>		<b>75.000</b>

Pored ulaganja u nabavku samih elektro vozila namenjenih službenoj upotrebi, uz sagledavanje ekoloških i ekonomskih posledica ove investicije, takođe je relevantno sagledana i mogućnost izgradnje i korišćenja punionica za električna vozila.

Pored investicionih ulaganja, za potrebe analize uzeti su u obzir i sledeći pokazatelji: troškovi održavanja, očekivane

uštede po osnovu plaćanja državnih taksi, amortizacija i očekivani prihodi od eksploatacije.

### 5.3. Zaključak finansijske ocene

Glavni rezultati finansijske ocene su sledeći:

- finansijska interna stopa rentabilnosti je 10,32% (pozitivna i iznad diskontne stope);



- finansijska neto sadašnja vrednost je pozitivna, utvrđena na nivou 149.713 EUR
- odnos koristi / troškovi je 1,270, što je više od referentne vrednosti =1.

Navedeni podaci dovode do zaključka izvodljivosti investicije sa strogo finansijskog stanovišta. Projekat ostvaruje odgovarajući i zadovoljavajući povraćaj uloženi sredstava i finansijski je profitabilan od devete godine eksploatacije.

#### **5.4. Ekonomska ocena**

Suprotno finansijskoj analizi, koja je sačinjena u ime preduzeća, ekonomska analiza se sprovodi u ime čitavog društva i ocenjuje doprinos projekta ekonomskom blagostanju regiona ili zemlje. Ona se oslanja na činjenicu da posmatrane tržišne cene ulaznih i izlaznih vrednosti ne odslikavaju njihovu društvenu vrednost.

Ključni cilj ekonomske analize predstavlja dokazivanje da sadašnja vrednost ekonomskih dobiti od projekta treba da prevaziđe sadašnju vrednost njegovih ekonomskih troškova, što znači da projekat ima pozitivan neto doprinos društvu. Ovo se izražava kao pozitivna neto sadašnja vrednost neto protoka gotovine, odnosom dobiti/troškova (B/C) ili pomoću ekonomske stope povraćaja projekta (EIRR) koja treba da bude veća od društvene eskontne stope.

Dobiti koje će se javiti kao posledica predviđenih investicionih ulaganja su:

- Uštede troškova eksploatacije službenih vozila;
- Uštede smanjenja zagađenja životne sredine.

Uštede troškova korišćenja putničkih vozila (troškova eksploatacije) u službenoj upotrebi u saobraćaju javljaju se kao posledica upotrebe vozila za službene svrhe. Ove uštede se mogu kvantifikovati na osnovu:

- prognoziраног обима употребе у саобраћају;
- просечног дневног превозног пута;
- степена коришћења током експлоатације;
- утврђене јединичне вредности времена.

Postoje brojni međunarodno priznati metodološki okviri i sprovedena istraživanja, koji su se, između ostalog bavili problematikom uštede smanjenja zagađenja životne sredine i koji nude obračunske jedinice, koje mogu biti upotrebljene u postupku za kvantifikaciju predmetnih efekata.

Glavni zagađivači u saobraćaju su NOH, COH, VOC, PM<sub>10</sub> i PM<sub>25</sub>, dok su isparenja koja dovode do globalnog zagrevanja CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>. U "Priručniku za procenu spoljnih troškova u saobraćajnom sektoru (Handbook on estimation of external cost in the Transport sector)" UTICAJA (IMPACT), verzija 1.1.; prosečan trošak koji donosi zagađenje vazduha po vozilu\*km izračunat je na osnovu podataka prikupljenih iz nekoliko evropskih zemalja. Kako bi se predložene vrednosti prilagodile u odnosu na Srbiju korišćen je BDP (GDP) po glavi stanovnika u Srbiji i zemljama Evropske Unije. Prema cenama iz 2012. godine izračunati su sledeći troškovi zagađenja vazduha u drumskom saobraćaju, u iznosu od 0,027 Evro/putnik\*km i 0,3713 Evro/tona\*km.

#### **5.5. Zaključak ekonomske ocene**

Glavni rezultati ekonomske ocene su sledeći:

- ekonomska interna stopa rentabilnosti je 10,53% (pozitivna i iznad diskontne stope);
- ekonomska neto sadašnja vrednost je pozitivna, 96.086 EUR;
- ekonomski odnos koristi / troškovi je 1,276 što je više od 1.

Navedeni podaci dovode do zaključka izvodljivosti i opravdanosti investicije sa ekonomskog stanovišta, indikatori učinka projekta su iznad praga vrednosti i projekat se smatra opravdanim od devete godine eksploatacije.

Pored direktnih ekonomskih efekata, realizacija ovog tipa aktivnosti, koja podrazumeva nabavku ekološki prihvatljivih voznih sredstava, neminovno donosi i niz pozitivnih društveno-ekonomskih efekata koji se ispoljavaju kroz indirektan uticaj na privredu. Uticaj nabavke elektro vozila i njihove upotrebe u službene svrhe ima višestruk uticaj na društveni ambijent na razvoj poslovnog okruženja, tako da se može posmatrati iz različitih uglova: u toku nabavke i kasnije u toku eksploatacije samih vozila. Osnovni ekonomski efekti se ogledaju, pre svega kroz uštede troškova eksploatacije službenih vozila, uz najznačajniji efekat po okruženje preko ostvarenih ušteda smanjenja zagađenja životne sredine.

Zdravije okruženje uz čistiju životnu i radnu sredinu je glavni benefit predviđenih ulaganja i generator ostvarenja prihoda, preko realizacije ušteda na ime smanjenja potrošnje tečnih naftnih derivata i smanjenja zagađenja, uz ostvarivanje značajnih ušteda po ovom osnovu. Sve ovo treba da dovede do izvesnog ekonomskog jačanja i napretka po osnovu indirektnih koristi koje se, u određenim okolnostima, ne mogu novčano izraziti, na osnovu čega se može zaključiti da je projekat potpuno opravdan sa društveno-ekonomskog aspekta.

## 6. ZAKLJUČAK

Uprkos prednostima (manje zagađenje okoline, smanjen nivo buke, mali troškovi pogonske energije, manji troškovi održavanja, itd.), široko prihvatanje električnih automobila suočava se sa nekoliko prepreka i ograničenja. Električni automobili su znatno skuplji od

konvencionalnih vozila sa unutrašnjim sagorevanjem zbog dodatnog troška njihovih litijum-jonskih baterija (akumulatora). Međutim, cena akumulatora pada sa masovnom proizvodnjom i očekuje se da će nastaviti padati. Druge prepreke za opšte korišćenje električnih automobila su nedostatak javne i privatne infrastrukture za punjenje i strah vozača od nestanka energije pre dostizanja svog odredišta zbog ograničenog dometa postojećih električnih automobila.

Da ne bi nastale smetnje u obavljanju redovnih poslovnih aktivnosti u kompaniji, važno je upravljati procesom punjenja na efikasan način. Sistem organizovanog upravljanja energijom u punjačima pruža svakoj kompaniji i rešenja za budućnost zahvaljujući mogućnosti da se dodaju punjači na postojeću infrastrukturu punjačkih mesta i da unaprede upravljanje procesom punjenja ugradnjom modema koji omogućava vrhunski nadzor.

Svakako je neophodno, kako bi se stvorio podsticaj većeg korišćenja električnih vozila, da u budućnosti, Republika Srbija uspostavi poreske olakšice, subvencije i druge beneficije i podsticaje kako bi se smanjila neto nabavna cena električnih automobila i drugih dodataka. Beneficije se mogu odnositi na oslobođenje plaćanja putarine, besplatno parkiranje, nižu cenu registracije i osiguranja, itd. Pošto je nabavna cena električnog automobila u samom startu veća, cena bi se uslovno rečeno smanjila kroz subvencije države i niže cene električne energije posle određene pređene kilometraže.

Utvrđeni rezultati sprovedene finansijske i društveno-ekonomske ocene za predloženi model ulaganja, uz testiranje promene pojedinih ulaznih parametara sprovedenih u analizi, jasno ukazuju da je svrsishodno izvršiti supstituciju dela službenih motornih vozila nabavkom i upotrebom savremenih vozila sa motorima isključivo na električni

pogon, uz obezbeđenje infrastrukture neophodne za punjenje baterija potrebnom pogonskom energijom.

Iako zahteva inicijalno veće investiciono ulaganje, u analizi je, nedvosmisleno dokazana isplativost nabavke vozila na električni pogon, gde se tokom višegodišnje upotrebe u službene svrhe, očekuje ostvarenje ušteda po osnovu eksploatacije, uz izrazito niže troškove u odnosu na upotrebu konvencionalnih motornih vozila.

## LITERATURA

- [1] Studija izvodljivosti upotrebe električnih službenih vozila na području grada Beograda za potrebe JP "Putevi Srbije" sa "cost benefit" analizom, Saobraćajni institut CIP, 2018 god.,
- [2] Vodič za analizu isplativosti investicionih projekata, Generalni direktorat za Regionalnu politiku EK, decembar 2014,
- [3] Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs - Victoria Transport Policy Institute ([www.vtpi.org](http://www.vtpi.org)),
- [4] Update of the Handbook on External Costs of Transport.

## SUMMARY

### PROFITABILITY OF THE USE OF VEHICLES ON ELECTRIC POWER IN PUBLIC ENTERPRISES AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

**Abstract:** *In most of the car fleets in Public companies in Serbia, conventional vehicles - vehicles with internal combustion engines are used primarily. Generally speaking, conventional vehicles have more impact on environmental pollution than electric vehicles. Environmental pollution is considered pollution from exhaust gases, pollution of soil and watercourses from waste oils, as well as pollution from benzene vapors during filling of vehicles and during exploitation. The benefits of using an electric vehicles are reflected in less environmental pollution, reduced noise, low power costs, lower maintenance costs, etc.*

*With the global use of electric cars, companies would pay attention to reducing the use of fossil fuels for daily transportation and would contribute to reducing emissions of carbon dioxide and other harmful gases in the environment. Procurement of these vehicles should be in line with the business policy of the company which implies improvement of sustainable use of energy and environmental impact.*

*The subject Work defines the extent of investment and economic viability, the total annual operating costs, the expected annual income and the return of invested funds. The entire analysis with the analysis is based on comparing all the relevant elements of the acquisition and exploitation of electric vehicles which should be substituted conventional vehicles - powered engines using internal combustion engines.*

*Considering the projected revenues and expenditures of this investments, in terms of comparing the expected costs and effects, the conducted cost-benefit analysis provides guidance for further activities in this area in terms of indicating clear elements of the profitability. The profitability of the investment relates to the company that is in the role of the Investor, as well as to the wider social community and business environment.*

**Key words:** *electric vehicles, conventional vehicles, cost-benefit analysis, impact on the environment*

# PRIMENA METODE VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ZA VREDNOVANJE VARIJANTNIH REŠENJA – PRIMER TUNELA U BEOGRADU

**Mladen Nedeljkov**, *dis, CeS.TRA, mldn@cestra.rs*

**Kristina Jeftić**, *dis, CeS.TRA, kris@cestra.rs*

**Aleksandar Trifunović**, *dis, CeS.TRA, alti@cestra.rs*

**Milica Gajić**, *dis, CeS.TRA, mgaj@cestra.rs*

**Rezime:** *Pravilan odabir optimalnog varijantnog rešenja infrastrukturnih projekata u procesu planiranja i projektovanja je stalni izazov koji se postavlja pred inženjere i sve one koji donose konačnu odluku o ulaganju. Izazov je još veći kada se takva odluka treba doneti za jedan od najvažnijih projekata u gradu, Tunelu koji će prolaziti ispod centralne gradske zone i povezivati Savsku i Dunavsku padinu.*

*Tunel je planiran kao produžetak starog Savskog mosta čija trasa se pruža od Karađorđeve ulice ispod Terazijskog grebena ka zoni Dorćola. Predložena su tri varijantna rešenja tunela koja se razlikuju po svojoj trasi, načinu ukrštanja sa postojećom mrežom saobraćajnica kao i organizacijom saobraćaja unutra tunela. Bez obzira na varijantu planirano je da tunel ima dve cevi sa po dve saobraćajne trake. Razmatrana ukupna dužina tunela iznosila bi približno 2 km.*

*Za potrebe odabira optimalne varijante tunela korišćena je višekriterijumska analiza čiji opis i rezultati su prikazani u okviru rada. Cilj sprovedene analize je da se u odnosu na različita rešenja tunelske veze, izabere najpovoljnija varijanta koja će odgovoriti na povećane transportne zahteve nastale kao posledica planirane gradnje u narednom periodu, a posebno na području Savskog i Dunavskog amfiteatra. Analiza se pre svega odnosi na troškove izgradnje, troškove održavanja, bezbednost, protočnost saobraćaja, prostorno urbanistički uticaj i zaštitu životne sredine, ali i na druge kriterijume koji su od značaja za donošenje odluke.*

**Ključne reči:** *tunel, višekriterijumska analiza, varijante, modeliranje*

## 1. UVOD

Prema saobraćajnom rešenju PGR Beograd planirana je veza savske i dunavske padine koja bi se ostvarila tunelom za drumski saobraćaj. Tunel je planiran kao produžetak starog Savskog mosta i njegova trasa se pruža od Karađorđeve ulice ispod Terazijskog grebena ka zoni Dorćola.

Nakon razmatranja i sagledavanja više predloženih varijanti tunelske veze savske i dunavske padine, kako sa aspekta

odvijanja saobraćaja u centralnoj gradskoj zoni tako i sa svih ostalih aspekata koji uključuju parametre i činioce koji mogu uticati na poboljšanje uslova života u centralnoj gradskoj zoni, Komisija za planove Skupštine grada je donela odluku kojom su iznete tri varijantne tunelske veze.

Cilj ovog rada je da se prikaže postupak kojim je izvršena analiza [1] i identifikacija optimalnog rešenja tunelske veze.

U okviru rada prikazan je opis predloženih varijantnih rešenja koja se

razlikuju ne samo po svojim pravcima pružanja, već i po mestima priključenja na postojeću mrežu saobraćajnica. Zatim su definisani i prikazani kriterijumi za vrednovanje kao i njihovi težinski faktori..

Na kraju rada dat je zaključak analize kao i sve prednosti i mane korišćenja ovog postupka za donošenje odluka pri planiranju velikih infrastrukturnih projekata.

## 2. OPIS VARIJANTI

Varijantna rešenja za tunel od Karađorđeve do dunavske padine prikazana u nastavku i korišćena u daljoj analizi su rezultat istraživanja mnogobrojnih mogućnosti pozicioniranja infrastrukturnih sistema na predmetnom području.

Analizirane su tri varijante tunela od Karađorđeve ulice do dunavske padine. Mesto priključka prve dve varijante na dunavskoj padini nalazi se u Bulevaru despota Stefana, u neposrednoj blizini zgrade MUP-a, dok se poslednja varijanta na mrežu gradskih saobraćajnica na dunavskoj padini povezuje u Bulevaru despota Stefana i u ulici Cvijicevoj, što predstavlja osnovnu razliku ponuđenih varijanti rešenja. Iz ovog razloga prve dve varijante se posmatraju kao podvarijante istog rešenja (Varijanta 1a i Varijanta 1b), dok je poslednja varijanta (Varijanta 2) posmatra kao zasebno rešenje tunelske veze.

### 2.1. Varijanta 1a

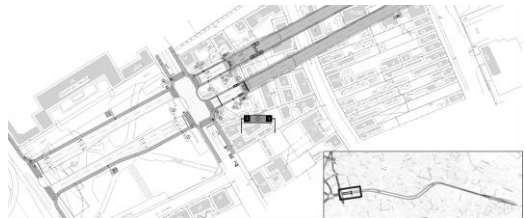
Varijanta 1a podrazumeva tunelsku vezu od Karađorđeve ulice do dunavske padine sa ulazno/izlaznim portalom na savskoj padini, u zoni raskrsnice Ulice Gavrila Principa i Kameničke. Ulazno-izlazni portal na dunavskoj padini planiran je u Bulevaru despota Stefana, u blizini zgrade MUP-a. Trasa pružanja tunela je preko Bulevara despota Stefana (Slika 1).



Slika 1: Trasa tunela – Varijanta 1a

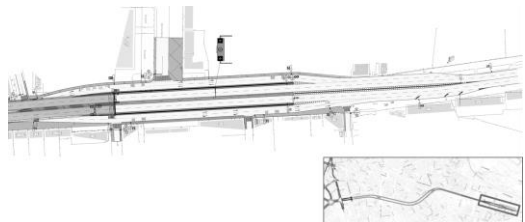
Tunel se u ovoj varijanti sastoji od dve tunelske cevi svaka za jedan saobraćajni smer. Obe tunelske cevi nalaze se u kružnoj krivini pri čemu desna tunelska cev ima dužinu od 2020,00m dok dužina leve tunelske cevi iznosi 2022,00m.

U ulici Gavrila Principa portal je planiran u neposrednoj blizini kućnog broja 35 ( na uglu sa Kameničkom ulicom) gde se nalazi spomenik kulture Kuća porodice Najdanović koja nije ugrožena ovim idejnim rešenjem (Slika 2).



Slika 2: Portal tunela u ulici Gavrila Principa

Portal u Bulevaru despota Stefana planiran je kod zgrade MUP-a odnosno u blizini raskrsnice sa Ulicom Jovana Avakumovića (Slika 3). Ovim varijantnim rešenjem ne zatvaraju se za saobraćaj ulice u zoni planiranog portala (ulice Jovana Avakumovića i Stojana Novakovića). Obzirom da prostorne mogućnosti to dopuštaju planirano je da se sa po dve saobraćajne trake zaobiđe portal u Bulevaru despota Stefana.



Slika 3: Portal tunela u Bulevaru despota Stefana



## 2.2. Varijanta 1b

Kao i u prethodno opisanoj varijanti i Varijanta 1b podrazumeva ulazno/izlazni portal na savskoj padini, u zoni raskrsnice Ulice Gavrila Principa i Kameničke dok se sa strane dunavske padine on nalazi u Bulevaru despota Stefana, u blizini zgrade MUP-a. Trasa pružanja tunela u ovoj varijanti ide preko Takovske ulice.



Slika 4: Trasa tunela – Varijanta 1b

Tunel se u ovoj varijanti sastoji od dve tunelske cevi svaka za jedan saobraćajni smer. Obe tunelske cevi nalaze se u kružnoj krivini i imaju identične dužine tunelskih cevi od 1900m.

Ostale geometrijske karakteristike ove varijante odgovaraju karakteristikama opisanim u Varijanti 1a.

## 2.3. Varijanta 2

U okviru Varijante 2 planiran je ulazno/izlazni portal na savskoj padini, u zoni raskrsnice Ulice Gavrila Principa i Kameničke identično kao i prve dve varijante.

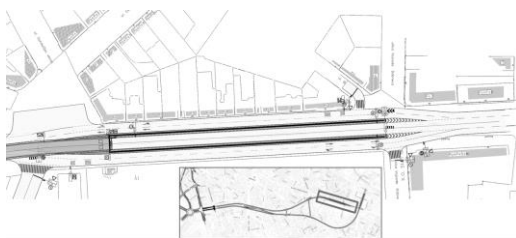
Jedna od razlika ove varijante u odnosu na ostale jeste pozicija ulazno/izlaznog portala na dunavskoj padini. Portal leve tunelske cevi planiran je u Bulevaru despota Stefana, dok je portal desne tunelske cevi planiran u Cvijićevoj ulici.

Varijanta 2 podrazumeva dve odvojene tunelske cevi sa prepletom (Slika 5).



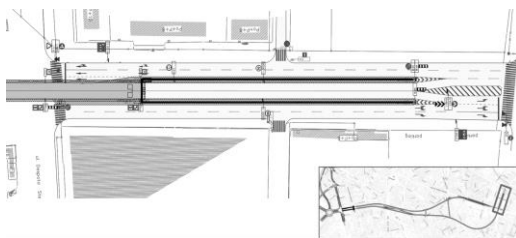
Slika 5: Trasa tunela – Varijanta 2

Leva tunelska cev planirana je na pravcu ulica Gavrila Principa-Bulevar despota Stefana (kod Botaničke bašte). Od ulice Gavrila Principa do Trga Nikole Pašića planira se kao jednosmeran tunel, a od ove pozicije jedna traka u smeru ka Bulevaru despota Stefana priključuje se desnoj tunelskoj cevi koja dolazi iz pravca Poankereova – Takovska i formira dvosmerni tunel. Dužina leve tunelske cevi iznosi 1392m.



Slika 6: Portal leve tunelske cevi u Bulevaru despota Stefana

Desna tunelska cev planirana je na pravcu ulica Gavrila Principa – Takovska – Cvijićevo – Poankarova. Ulazno/izlazni portal u Cvijićevoj ulici planiran je neposredno posle raskrsnice sa Bulevarom despota Stefana i završava se pre raskrsnice sa Poankareovom ulicom. Od ulice Gavrila Principa do zone Trga Nikole Pašića planira se kao jednosmeran tunel, a od ove pozicije jedna traka u smeru ka Ulici Gavrila Principa priključuje se levoj tunelskoj cevi koja dolazi iz pravca portala u Bulevaru despota Stefana i formira dvosmerni tunel. Dužina desne tunelske cevi iznosi oko 1900m.



Slika 7: Portal desne tunelske cevi u Cvijićevoj ulici



### 3. ODABIR METODE VREDNOVANJA

Za potrebe sprovođenja vrednovanja u okviru ove analize izabran je metod VIKOR koja se zasniva na kompromisnom programiranju. Validacija dobijenih rezultata rađena je korišćenjem Promethee metode višekriterijumske analize. Rezultati oba metode doveli su do identičnog rangiranja predloženih varijanti.

### 4. KRITERIJUMI ZA VREDNOVANJE

Primarni cilj vrednovanja varijantnih rešenja je sužavanje prostora za donošenje odluka o optimalnom rešenju i stvaranje okvira za objektivno odlučivanje na osnovu rezultata dokumentovanog upoređivanja nepristrasno formiranih varijantnih rešenja.

Višekriterijumska analiza daje mogućnost da se u proces vrednovanja uključe svi potrebni kriterijumi, kako oni koji se iskazuju novčanim jedinicama, tako i oni koji se iskazuju drugim pokazateljima nemonetarne prirode.

Da bi proces višekriterijumske analize mogao da bude adekvatno realizovan neophodno je da postoji pouzdana dokumentaciona osnova i da budu jasno definisani i društveno verifikovani ciljevi i kriterijumi po kojima će se vršiti upoređivanje varijantnih rešenja.

Prvi i najvažniji korak u procesu vrednovanja varijantnih rešenja je definisanje ciljeva i kriterijuma vrednovanja i njihovih relativnih težina koje su numerički odraz važnosti ciljeva odnosno kriterijuma.

U nastavku su prikazani definisani ciljevi i kriterijumi zajedno sa njihovim težinskim faktorima. Svaki cilj je prikazan u okviru jedne tabele sa težinom cilja (Tabela 1-6) u okviru koje su prikazani pojedinačni kriterijumi i njihove težine unutar cilja.

Tabela 1: Troškovi održavanja, Težina cilja  $W=0.10$

Kriterijumi	Težina
Troškovi održavanja hidrotehničkih instalacija za odvodnjavanje	0,40
Troškovi održavanja ventilacije i sistema elektromašinske opreme	0,30
Troškovi upravljanja saobraćajem u tunelu	0,30

Tabela 2: Troškovi izgradnje i vreme izgradnje objekta, Težina cilja  $W=0.20$

Kriterijumi	Težina
Troškovi izgradnje	0,85
Troškovi eksproprijacije	
Vreme izgradnje tunela	0,15

Tabela 3: Dobit za korisnike, Težina cilja  $W=0.25$

Kriterijumi	Težina
Efeki odvijanja saobraćaja u centralnoj gradskoj zoni	0,50
Bezbednost saobraćaja u okolnoj saobraćajnoj mreži	0,10
Bezbednost saobraćaja u tunelu	0,20
Ušteda goriva na bazi skraćenja putovanja	0,10
Mogućnost izmeštanja saobraćaja tokom izvođenja radova, kao i obezbeđivanje adekvatnog funkcionisanja javnog prevoza	0,10

Tabela 4: Povoljnost inženjersko – geoloških uslova, Težina cilja  $W=0.10$

Kriterijumi	Težina
Povoljnost inženjersko – geoloških uslova	0,10

Tabela 5: Posledice po prostorni razvoj, Težina cilja W=0.20

Kriterijumi	Težina
Uticaj na postojeću i planiranu infrastrukturu	0,50
Uticaj na kulturno istorijsko nasleđe	0,40
Zauzetost površina za potrebe formiranja gradilišta u m2	0,10

Tabela 6: Posledice po životnu sredinu, Težina cilja W=0.15

Kriterijumi	Težina
Zagađenje voda	0,15
Zagađenje tla	0,15
Zagađenje vazduha	0,60
Povoljnost varijante prema broju stabala koja se uklanjaju	0,10

## 5. REZULTATI VREDNOVANJA

U vrednovanju varijantnih rešenja troškovi izgradnje i troškovi održavanja tunela zajednički utiču sa težinskim faktorom  $W=0.3$  pri čemu su oba ova faktora direktno vezana za investicionu vrednost i troškove eksproprijacije. Posmatrano prema investicionoj vrednosti (samim tim i prema ova dva kriterijuma) najpovoljnija varijanta je Varijanta 1b dok je najmanje povoljna Varijanta 2 (Tabela 7).

Tabela 7: Ukupna investiciona vrednost u Evrima sa troškovima eksproprijacije

Varijanta 1a	Varijanta 1b	Varijanta 2
96 697 000	79 466 132	105 107 570

U pogledu uticaja na postojeću i planiranu infrastrukturu Varijanta 1b se može posmatrati kao jedina prihvatljiva budući da druge dve varijante imaju koliziju sa Terzijskim kolektorom koji je neophodno izmestiti u slučaju njihovog odabira.

Pojedinačni cilj sa najvećom težinom cilja je dobit za korisnike koja se pre svega odnosi na efekte tunela na saobraćajno okruženje u gradu.

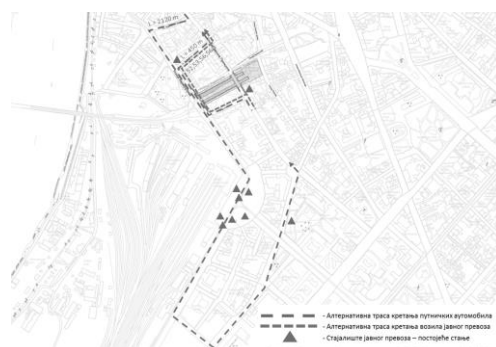
Efekti varijantnih rešenja na saobraćaj šireg područja grada provereni su koristeći Transportni Model Beograda [2]. Makrosimulacije rađene su koristeći softverski paket PTV VISUM dok su ključne tačke veze tunela sa okolnom mrežom proverene koristeći mikrosimulacione modele u softverskom paketu PTV VISSIM.

Sve varijante imaju pozitivan uticaj na saobraćajnu sliku Beograda pri čemu Varijanta 1a i 1b imaju identične efekte dok Varijanta 2 ima nešto manje izražene pozitivne efekte.

U pogledu bezbednosti Varijanta 2 se posmatra kao manje povoljna varijanta zbog preplitanja tokova saobraćaja unutar tunela i veze tunela u zoni škole.

Najveća razlika između varijanti postoji u pogledu mogućnosti izmeštanja saobraćaja za vreme izvođenja radova. Imajući u vidu trajanje izvođenja radova koje je procenjeno na 30 meseci ovaj kriterijum je od izuzetnog značaja za sve stanovnike Beograda.

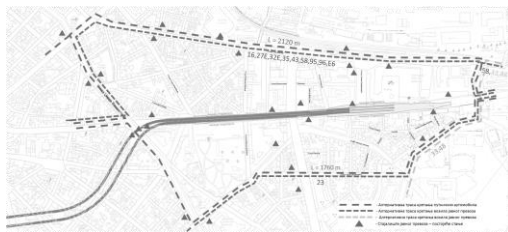
Izvršena je detaljna analiza dužina saobraćajnica koje se zatvaraju, dužina najkraćih alternativnih pravaca, broj linija javnog prevoza koje je potrebno preusmeriti i mogućnost njihovog preusmeravanja.



Slika 8: Prikaz alternativne trase kretanja u zoni portala u ulici Gavrila Principa

Sa strane savske padine nevezano od varijante efekti za korisnike su identični odnosno mogućnost preusmeravanja vozila i linija javnog prevoza je identična.

Sa strane dunavske padine situacija se značajno razlikuje između varijanti. Varijanta 1a je najmanje povoljna zbog tehnologije izvođenja tunela koja zahteva otvoreni iskop velikog dela Bulevara despota Stefana zbog čega se zahteva zatvaranje tog dela ulice i raskrsnice sa Cvijićevoim ulicom (Slika 8).



Slika 8: Prikaz alternativne trase kretanja u zoni portala u Bulevaru despota Stefana – V 1a

Ovo nije situacija sa Varijantom 1b koja ima značajno manju površinu iskopa i ima najmanji negativan efekat na saobraćaj u gradu u poređenju sa ostalim varijantama. Varijanta 2 zbog dva mesta gde je potrebno izvoditi radove ima nešto veći negativan uticaj u odnosu na Varijantu 1b ali ipak manji od Varijante 1a.

Sumarna tabela sa zaključcima analize uticaja izvođenja radova na saobraćajni režim prikazani su u okviru tabele 8.

Tabela 8: Uticaj izvođenja radova na postojeći saobraćajni režim

	V 1a	V 1b	V 2
Dužina zatvorenog dela saobraćajnice (m)	1330	600	600 (*+220)
Dužina najkraćeg alternativnog puta (m)	1760	1030	1065
Broj linija JP koji se preusmerava	12	12	9

\*dužina zatvorene saobraćajnice u Cvijićevoj ulici

Ostali kriterijumi koji nisu navedeni imaju manji uticaj na donošenje konačne odluke zbog čega u ovom radu nisu opisani.

## 6. ZAKLJUČAK

Prilikom odabira varijantnog rešenja nekog infrastrukturnog objekta nije retko da se kao ključni faktor koristi investiciona vrednost. Ovakav pristup može, u pojedinim slučajevima, da dovede do izbora rešenja koje će sa aspekta koristi po korisnike biti najmanje povoljno i neće suštinski rešiti postojeće probleme kao što je to očekivano. Na primeru tunela jasno se vidi da je neophodno prilikom odabira optimalnog varijantnog rešenje uvrstiti što veći broj ciljeva i kriterijuma. Dobit za korisnike, odnosno saobraćajni efekti i ako nemonetarni kriterijum treba da ima značajnu ulogu pri donošenju konačnu odluku jer su upravo korisnici ti zbog kojih se projekat i planira.

Višekriterijumska analiza kao alat daje mogućnost da se za svaki projekat definišu kriterijumi i njihove težine, i na taj način donese ispravna odluka. Prilikom definisanja kriterijuma treba saradivati sa što većim brojem institucijama i pojedinca kako se ne bi izostavio neki od kriterijuma, a njihove težine prilagodile željenim efektima.

U slučaju tunela analiza je pokazala da kao optimalno rešenje treba razmotriti Varijantu 1b.

## LITERATURA

- [1] CeS.COWI d.o.o. Beograd: „Idejno rešenje tunela od Karađorđeve do dunavske padnine sa elementima idejnog projekta”, Knjiga 1: „Vrednovanje varijantnih rešenja”, 2016.
- [2] Transportni model Beograda 2015, Saobraćajni fakultet; CEP, Beograd, 2015.

## SUMMARY

### **MULTI-CRITERIA ANALYSIS AS A TOOL FOR INFRASTRUCTURAL DESIGNS VARIANTS EVALUATION – EXAMPLE OF BELGRADE CITY TUNNEL**

**Abstract:** *Evaluation of variants for infrastructural designs and deciding on optimal variants is a constant struggle for both designers and stakeholders. The pressure is even higher when the decision needs to be made for the major infrastructure project such as Belgrade City Tunnel that is planned to connect Sava river bank on one side and Danube river bank on the other side of the City.*

*The Tunnel is planned as an extension of old Sava Bridge and it start at Karadjordjeva Street, go underneath Terazije and finish in the zone of Despota Stefana Boulevard. There are three variants for the Tunnel that differ in layout, connection to the existing street network and management of traffic inside the Tunnel. Regardless to the variant the Tunnel is planned to have two tubes, each consisting of two traffic lanes, and be approximately 2 km long.*

*As a tool for evaluation of variants and choosing of optimal one multi-criteria analysis is used. The description of the conducted analysis and their results are shown in this paper. The main goal of the analysis was to, based on the proposed variants chose one that will satisfy not only current need of users, but also future needs which will be consequence of ongoing urban developments in this area. The analysis considered many factors that are of interest to users and decision maker such as: investment cost, maintenance cost, traffic safety, traffic congestion, urban development limitation, environmental impacts and many other.*

**Key words:** *Tunnel, Multi-criteria analysis, Variants, Modelling*

# UPOTREBA PUTNOG METEOROLOŠKOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA UNAPREĐENJE ZIMSKOG ODRŽAVANJA MREŽE DRŽAVNIH PUTEVA REPUBLIKE SRBIJE

**Zoran Borojević, JP „Putevi Srbije“, Beograd, zoran.borojevic@putevi-srbije.rs**

**Rezime:** *Deo strateških prioriteta JP „Putevi Srbije“ vezanih za održavanje i zaštitu putne mreže odnosi se na održavanje zasnovano na nivou kvaliteta usluga. Rezultat održavanja zasnovanog na nivou kvaliteta usluga bi trebalo da bude efikasnije i efektivnije upravljanje održavanjem putne infrastrukture uvođenjem novih tehnologija i procedura rada. Ovakav pristup značajno proširuje ulogu izvođača od prostog izvođenja radova do upravljanja putnom infrastrukturom i njenog očuvanja. Zimsko održavanje je posebno značajno sa strateške tačke gledišta, obzirom da društvena zajednica zavisi od dobre povezanosti putevima, koji moraju pružati nivo usluge koji obezbeđuje bezbedno korišćenje puta od strane korisnika za vreme trajanja „zimске sezone“. U radu je prikazano uspostavljanje mehanizma koji kao rezultat ima ravnopravnu podelu rizika između upravljača puta i izvođača u periodu zimskog održavanja, uskim povezivanjem događaja koje aktivira putno meteorološki informacioni sistem (PMIS) za praćenje vremenskih uslova i stvarno potrebne intervencije na terenu. Izvršena je analiza potencijalnog doprinosa PMIS na optimizaciju trošenja resursa za vreme trajanja zimске službe i izbor optimalnih i reprezentativnih mikrolokacija putno meteoroloških stanica koje su od presudnog značaja za realizaciju primarnih ciljeva PMIS.*

**Ključne reči:** *putno meteorološki informacioni sistem (PMIS), zimsko održavanje, meteorološki podaci, mikrolokacije*

## 1. UVOD

Praćenje i predviđanje vrste i intenziteta meteoroloških parameta u prostoru i vremenu je postupak koji zahteva pouzdan sistem za prikupljanje podataka, veliku gustinu mernih lokacija posmatrane teritorije i kvalitetne klimatološke karte. Kako radnje koje sprovode službe zimskog održavanja u velikoj meri zavisi od dostupnosti informacije o karakteristikama meteoroloških parametara, javlja se potreba za uspostavljanje putno meteorološkog informacionog sistema (PMIS). Uspostavljanje PMIS-a predstavlja investiciju koja za cilj ima unapređenje zimskog održavanja, stoga je neophodno

utvrditi opravdanost uspostavljanja ovakvog sistema na mreži puteva i očekivane doprinose koji se mogu ogledati kroz smanjenje potrošnje resursa, a samim tim jediničnih troškova zimskog održavanja, povećanjem bezbednosti saobraćaja i podizanja nivoa usluge putne mreže. Primeri pozitivne prakse u svetu ukazuju na prednosti i opravdanost primene PMIS-a u aktivnostima zimске službe, stoga je cilj ovog rada da kroz analizu prepozna nedostatke primenjenog sistema zimskog održavanja i opravdanost implementacije PMIS-a.

## 2. ZIMSKO ODRŽAVANJE PUTEVA

Održavanje puta definisano je Zakonom o putevima i predstavlja

izvođenje radova i obavljanje usluga kojima se obezbeđuje nesmetano i bezbedno odvijanje saobraćaja i očuvanje karakteristika puta u stanju koje je bilo u trenutku njegove izgradnje ili rekonstrukcije i može biti redovno, rehabilitacija i urgentno. Primarni zadatak JP „Putevi Srbije“ je održavanje i zaštita postojeće mreže državnih puteva I i II reda koje organizuje u skladu sa zakonom. Planom održavanja državnih puteva I i II reda predviđeni su radovi i aktivnosti u zimskom periodu neophodni za obezbeđivanje prohodnosti i bezbednosti saobraćaja na putevima.

Zimska služba predstavlja osetljiv deo održavanja puteva, obzirom da zahteva određenu organizaciju, upotrebu različitih resursa i značajno učestvuje u ukupnim troškovima na održavanju. Zimska služba je posebno značajna sa strateške tačke gledišta jer društvena zajednica zavisi od dobre povezanosti putevima, koji moraju pružiti nivo usluge koji obezbeđuje bezbedno korišćenje puta od strane korisnika. Od učesnika zimske službe se zahteva da isplaniraju i organizuju operacije zimskog održavanja kako bi postigli standarde izvršenog posla.

Održavanje puteva u zimskom periodu, najjednostavnije se može opisati kao sprečavanje pojave leda i uklanjanje snega. Led se formira na putu ili na bilo kom drugom mestu kada su ispunjena dva uslova: voda je prisutna u tečnom stanju i temperatura vode pada ispod tačke mržnjenja.

Upotreba soli snižava tačku mržnjenja vode od temperature koj je niža od 0 °C, a u postupku zimskog održavanja so se smatra „supstancom“ koja odlaže početak stvaranja leda. Prvilno i pravovremeno korišćenje hemikalija kao što je putna so, presudno je za uspostavljanje bezbednih uslova na putu kada dođe do pojave

uslova za padanje snega i stvaranje leda. Rizla se posipa kako bi se postiglo odgovarajuće trenje.

Koristi od korišćenja putne soli u cilju održavanja puteva prohodnim ne javljaju se bez troškova, kako ekonomskih tako i ekoloških. Putna so može negativno da utiče na vegetaciju i vodna staništa. Ne treba zaboraviti korozioni efekat hlorida na metal koji kao posledicu ima ubrzano propadanje mostovskih konstrukcija i troškove sanacije oštećenja vozila usled pojave korozije. U nedostatku alternativnih sredstava za odleđivanje, koja deluju isto tako efikasno kao putna so, uzimajući u obzir i troškove primene, prestanak korišćenja soli nije moguća opcija. Učesnici zimske službe se nalaze dilemi, primene li previše putne soli, vozači će postati zabrinuti zbog pojave korozije na svojim vozilima, dok će stručnjaci za životnu sredinu početi da brinu o štetnim efektima na biljni i životinjski svet kao i oticanju soli u podzemne vode. U suprotnom, ukoliko ga primene premalo, isti ti vozači brinuće zbog nebezbednih uslova na putu. Stoga je neohodno da se uspostavi ravnoteža između prednosti i nedostataka primene putne soli kako bi se definisanjem smernica za njenu primenu ublažila nedoumica lica zaduženih za zimsko održavanje kada je neophodno reagovati što pre.

Vremenske pojave u zimskom periodu iz kojih proističe potreba za zimskim održavanjem nije moguće precizno predvideti. Sam plan zimske službe nije moguće isplanirati u potpunosti, a samim tim nije moguće ni predvideti stvarne troškove zimske službe. Analizom podataka o trendovima vremenskih pojava olakšava se priprema aktivnosti na zimskom održavanju, a praćenje promena vremenskih pojava u realnom vremenu daje mogućnost za primenu optimalnih i pravovremenih aktivnosti zimske službe.



Na osnovu navedenog, za efikasan rad zimske službe neophodno je uspostaviti sistem za praćenje i prikupljanje meteoroloških podataka.

### 3. PERFORMANCE BASED MAINTENANCE CONTRACT (PBMC)

Uticaj klimatskih promena, koji se najčešće ispoljava kroz promenu temperature, promene karakteristika i inteziteta padavina, utiče na procenu budžeta za sprovođenje zimskog održavanja puteva. Zbog nepredvidljivosti vremenskih pojava u toku trajanja zimske službe, javljaju se izražena odstupanja stvarnih troškova zimskog održavanja od predviđenog budžeta. Ukoliko se proceni manji budžet od realnih troškova, veća je verovatnoća da se ne dostigne traženi kvalitet koji podrazumeva prohodne i bezbedne puteve, u suprotnom, većim budžetom zadržavamo deo sredstava koji se mogu iskoristiti za održavanje i upravljanje putnom infrastrukturom.

Tradicionalni način ugovaranja poslova zasnovan na angažovanju preduzeća za održavanje na osnovu zvaničnog cenovnika, na način da se plaćanje dovodi u vezu sa „proizvodnim učinkom“ ili obimom posla koji se meri. Ovaj način ugovaranja se često naziva „ugovor o jedinstvenoj ceni“. U ovom slučaju, upravljač puta preuzima svu odgovornost za kvalitet izvedenih radova dok angažovano preduzeće primenjuje tehnologije koje zahtevaju veće troškova kako bi više naplatio svoj rad. Nasuprot tome, u svetskoj praksi se primenjuje princip ugovaranja održavanja zasnovan na definisanom nivou usluge (*eng. Performance Based Maintenance Contract-PBMC*) gde se plaćanje dovodi u vezu sa postizanjem nivoa kvaliteta ili „rezultata“. Cilj ugovaranja zasnovanog na definiisanom nivou kvaliteta jeste prenošenje

odgovornosti za postizanje standarda kvaliteta puta na pravno lice, koje je u najboljoj poziciji da upravlja tehničkim i organizacionim izazovima, izbodaču radova na održavanju. Rezultat toga bi trebalo da bude efikasnije i efektivnije upravljanje održavanje puteva. Prioritetni cilj je da se obezbedi da fizičko stanje puta odgovari korisnicima puta. Javno preduzeće „Putevi Srbije“ u saradnji sa nadležnim ministarstvom pokrenulo je 2015. godine neophodne aktivnosti u cilju donošenja *Strateškog plana* za uvođenje i razvoj održavanja puteva zasnovanog na definisanom nivou usluge na mreži državnih puteva Republike Srbije. Primena ugovora zasnovanog na definisanom nivou usluge uslovljava jasno definisanje preduslova koji se mogu definisati kao **nivo kvaliteta usluge** i **obim usluga**. Nivo kvaliteta usluga se definiše usvajanjem graničnih vrednosti indikatora kojima se vrši ocena nivoa usluge. Indikatori treba da budu jasno definisani, jednostavni za obračun i vrednovanje, realni i dostižni, da odražavaju očekivane nivoe usluge po kategorijama puta, da su obavezujući u smislu vremena za reagovanje. Obim usluga u okviru PBMC varira u zavisnosti od zakonskih regulativa, odgovornosti koje naručilac želi da prenese na preduzeće za održavanje i stanja putne infrastrukture. Za tendere za ovakve projekte, potrebno je sveobuhvatno poznavanje putne imovine, njenog stanja i verovatnih performansi uzimajući u obzir saobraćajno opterećenje i stanje životne sredine. Neophodno je izvršiti utvrđivanje karakteristika putne mreže pre i za vreme trajanja ugovora, Preduzeće za održavanje mora da bude upoznato sa stanjem putne infrastrukture koja je predmet ugovora, kako bi dalo ispravnu ponudu koja neće mnogo odstupati od stvarnih troškova i time izbegne potencijalne gubitke u toku

realizacije ugovora. Sa druge strane, Upravljač puta praćenjem stanja predmetne infrastrukture ocenjuju dostignuti nivo usluge i time kontroliše rad Izvođača radova. Iz navedenog se može zaključiti da su obe ugovorne strane zainteresovane za podatke o putevima, tako da je neophodno uspostaviti jedinstvenu bazu podataka koja bi im bila na raspolaganju sa unapred definisanim i usvojenim pravilima prikupljanja, obrade i prezentacije podataka. Ugovorom između Upravljača puta i Izvođača radova može se izvršiti raspodela rizika uvođenjem „hibridnih“ ugovora, koji predviđaju da se neki radovi plaćaju na osnovu količine izvedenih radova i utrošenog materijala, a drugi na osnovu kriterijuma učinka.

Kako je već ranije rečeno, obim usluga i količine utrošenih redstava za potrebe zimskog održavanja ne mogu se kvantifikovati unapred pa se često ove usluge svrstavaju u usluge sa paušalnim iznosima i po osnovu definisanog nivoa usluge. U mnogome to odgovara opštim ciljevima PBMC-a. Naručioca interesuje krajnji rezultat (put očišćen od snega i leda) više nego napor da se proizvede rezultat.

Problem je uspostaviti mehanizam koji će za rezultat imati ravnopravnu podelu rizika sa izvođačem tako da plaćanje iskaže stvarni napor potreban za intervenciju. Izvođaču se često plaća „fiksni“ deo za stavljanje na raspolaganju određenih resursa tokom zimskog perioda. Stvarni rad koji je izvršio izvođaču se plaća kroz „promenljivi“ deo, koji je podeljen u skladu sa različitim vrstama intervencija. Da bi mehanizam bio efikasan uvažavajući nepredvidivost radova koje je potrebno realizovati tokom zimskog perioda, potrebno je povezati potrebu za intervenciju i praćenje nivoa usluge putem **putnog meteorološkog informacionog sistema (PMIS)**. Primena PMIS-a otklanja

subjektivnost i probleme verifikacije ulaznih količina posle pojave događaja koji zahteva intervenciju.

PMIS se može definisati kao baza podataka o stanju puta u periodu kada je na snazi zimsko održavanje. Izvođač radova praćenjem promena parametara koje ukazuju na potrebu za intervencijom može pravovremeno reagovati i sa optimalnom količinom sredstava zadovolji zahtevani nivo usluge smanjujući troškove zimskog održavanja, dok upravljač puta prateći stanje puta prati da li je nivo usluge zadovoljavajući.

#### 4. PUTNO METEOROLOŠKI INFORMACIONI SISTEM (PMIS)

Informacije o vremenu na putevima predstavljaju kritičnu komponentu u donošenju odluka koje se odnose na zimsko održavanje i upravljanje saobraćajem. Možemo smatrati da informacije predstavljaju najvredniju imovinu koja je preduslov za bilo koju akciju koju preduzimamo. Sve što se radi u procesu zimskog održavanja zasniva se na prognozama, trenutnim vremenskim uslovima i stanju kolovoza. Putno meteorološki informacioni sistemi (PMIS) zasnovani su na meteorološkim informacijama o putevima koje se skupljaju u realnom vremenu i koriste se za predviđanje stanja puta, pružajući konkretne informacije sa terena doprinoseći boljim rezultatima u primeni ili promeni strategije zimskog održavanja. Pored pružanja informacija kao pomoć u planiranju i upravljanju zimskog održavanja, putno meteorološki informacioni sistem pruža informacije za upravljanje saobraćajnim tokovima i deljenje informacija sa drugim zainteresovanim stranama (Republički hidrometeorološki zavod – RHMZ, korisnici puta pri planiranju putovanja, privatni

sektor...). Kako bi se odgovorilo na navedene zahteve, JP „Putevi Srbije“ je počelo razvoj sopstvenog PMIS kao dopunske mreže meteoroloških i hidrololoških stanica u skladu sa „Zakonom o meteorološkoj i hidrolološkoj delatnosti („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 88/2010)“, pratećim podzakonski aktima i primerima pozitivne prakse PMIS u svetu. Pored navedenog, radi lakše harmonizacije sa propisima Evropske Unije, karakteristike PMIS-a su usklađene sa preporukama organizacija čija je nadležnost usaglašavanje servisa i akcija (*Easy Way – trans-evropski projekat finansiran od strane Evropske komisije za harmonizaciju ITS servisa i akcija*). Pored navedenog, u procesu planiranja koncepta razvoja PMIS uzete su u obzir osnove dugoročnih i srednjoročnih planova poslovne strategije razvoja JP „Putevi Srbije“, a poštujući viziju transporta Republike Srbije, budući PMIS treba da zadovolji sledeće ciljeve:

- Ugovaranje zimskog održavanja puteva zasnovanog na definisanom nivou usluge;
- Zaštita životne sredine kroz eliminisanje ili gde je to moguće smanjenje štetnih uticaja puteva i saobraćaja na životnu sredinu;
- Povećanje nivoa bezbednosti i sigurnosti transportnog sistema;
- Pružanje informacija prikupljenih dopunskom mrežom meteoroloških stanica državnom organu (Republički hidrometeorološki zavod) koji obavlja meteorološke i hidrolološke poslove.

Razvoj putno meteorološkog sistema treba da se realizuje uvažavajući arhitekturu sistema koja može odgovoriti zadatim ciljevima i potrebama. Arhitektura PMIS najčešće obuhvata sledeće celine:

- podsistem za prikupljanje podataka;

- podsistem za napajanje putno meteoroloških stanica;
- podsistem za prenos podataka;
- podsistem za čuvanje podataka;
- podsistem za analizu i prezentaciju meteoroloških podataka.

Podaci prikupljeni putem PMIS-a su georeferencirani, jer sadrže attribute koji im daju prostornu orijentaciju, tako da daju mogućnost korisnicima da vrše interaktivne upite i prostorne analize pomoću GIS alata.

Odlučujući faktori za uspostavljanje kvalitetnog PMIS-a je da implementirani senzori zadovoljavaju propisane standarde kojima je obuhvaćena i očekivana tačnost prikupljenog podatka i da se izbor mikrolokacije sistema za prikupljanje podataka utvrdi uvažavajući preporuke za utvrđivanje optimalnih lokacija za snimanje meteoroloških podataka. Naravno, ukoliko se navedeni zahtevi ispoštuju, neophodno je priržavati tehničkih uputstava za održavanje sistema i redovno kalibrisanje senzora.

Posle inicijalne implementacije 6 putno meteoroloških stanica u mačvanskom i kolubarskom okrugu, unapređenje PMIS-a je ostvareno nabavkom 18 putno meteoroloških stanica sredstvima IPA predpristupnog fonda kroz nabavku koja je realizovana od strane Ministarstva finansija, Sektora za ugovaranje i finansiranje programa iz sredstava Evropske Unije u saradnji sa predstavnicima JP „Puteva Srbije“. JP „Putevi Srbije“ su u aktuelnom planu poslovanja predvideli sredstava za implementaciju novih putnih meteoroloških stanica (oko 60 stanica), čime bi se pokrila mreža državnih puteva Republike Srbije, a samim tim i stekli uslovi za raspisivanje tendera za ugovaranje održavanja zasnovanog na nivou kvaliteta usluge.

## 5. IZBOR MIKROLOKACIJA PUTNO METEOROLOŠKIH STANICA

Klimatski uslovi koji su karakteristični za period zimskog godišnjeg doba često uzrokuju pojavu „klizavih kolovoza“ koji kao posledicu imaju nebezbedno korišćenje puteva i veći rizik za pojavu saobraćajne nezgode. Praćenje stanja kolovoza, posebno na mestima gde je veća verovatnoća pojave poledice, omogućava zimskoj službi pravovremenu reakciju i kontrolu klizavosti kolovoza. Zbog toga je važno da se putno meteorološke stanice nalaze na ekstremnim lokacijama za otkrivanje poledice. Kako se pojava klizavog kolovoza može javiti u različitim vremenskim uslovima, potrebno je pratiti i meteorološke parametre na neutralnim lokacijama sa kojih se lako mogu ekspanirati vrednosti na šire područije. Ova distribucija podataka povećava mogućnost otkrivanja situacija sa klizavim kolovozom u različitim vremenskim uslovima. Izbor ekstremnih lokacija ili neutralnih lokacija su dva pristupa praćenja meteoroloških parametara. Pristup izbora ekstremnih lokacija daje preciznije podatke na mikrolokaciji, ali za uspostavljanje PMIS-a zasnovanog na ovom pristupu zahteva znatno veći broj putno meteoroloških stanica za pokrivanje putne mreže od PMIS sa neutralnim lokacijama.

Razvoj putno meteorološkog informacionog sistema od strane JP „Putevi Srbije“ zasnovan je na kombinaciji pristupa neutralnih lokacija i ekstremnih lokacija. Teži se ka tome da se mreža državnih puteva Republike Srbije pokrije izborom neutralnih lokacija uz dodavanje određenog broja ekstremnih lokacija. Navedeni koncept se često može sresti u primerima pozitivne prakse i najbolje mogu odgovoriti na ciljeve koje treba da zadovolji putno meteorološki informacioni sistem.

Uobičajene metode koje se koriste za lociranje putno meteoroloških stanica uključuju termalne analize, poznavanje klimatskih uslova i komunikaciju sa učesnicima zimske službe. Analizom mikrolokacija putno meteoroloških stanica treba obuhvatiti: varijacije nadmorskih visina, karakteristike vremenskih pojava, problematične mikrolokacije i/ili mostove, termalne analize i statističke analize.

Pri izboru mikrolokacije putno meteorološke stanice, veoma je važno voditi računa i o dostupnosti napajanja električnom energijom i pokrivenosti signalom mobilne telefonije ili dostupnosti komunikacione infrastrukture.

U cilju podrške programa ekonomskih reformi Vlade i programu za ekonomski oporavak i tranziciju, na donatorskoj konferenciji održanoj u Vašingtonu u novembru 2003. godine, formulisan je program pomoći Svetske banke (World Bank) kao Strategija za podršku u tranziciji Srbiji i Crnoj Gori kroz „Projekat rehabilitacije saobraćajne infrastrukture“ ukupne vrednosti 55 mil. USD. Između ostalog, ovaj projekat je obuhvatio realizaciju „Pilot projekta za redovno i zimsko održavanje puteva na teritorijama mačvanskog i kolubarskog okruga“. U cilju implementacije švedskog modela održavanja puteva i mostova zasnovanog na nivou kvaliteta usluge, JP „Putevi Srbije“ je Pilot projekat realizovala u saradnji sa Švedskom putnom administracijom (*Swedish Road Administration*).

Metodologija za izbor najpovoljnijih lokacija putno meteoroloških stanica za ranu najavu vremenskih uslova. Projektom su analizirani sinoptički uslovi, topografija i namena zemljišta i odabir lokacija sa različitim vrstama okruženja. Primena prakse za odabir lokacija koju predlaže Švedska putna administracija, podrazumeva da izabrane lokacije

predstavljaju različita okruženja koja su podeljena na sledeći način:

- Otvoren prostor sa dominantno obradivim zemljištem na kome se potencijalno javljaju brza hlađenja tokom noći, izložena su vetru koji doprinosi opasnosti od pojave snega tokom zime;
- Konkavne površine sa intezivnim hlađenjem usled radijalnog zračenja i stagnacija tokova hladnog vazduha;
- Lokacije na višim nadmorskim visinama sa niskim temperaturama vazduha tokom oblačnog i vetrovitog vremena i sa visokom verovatnoćom pojave snežnih padavina u periodu kada područja sa nižim nadmorskim visinama pojavu kiše;
- Uticajne zone mostova na kojima se mogu javiti ekstremne promene temperature za veoma kratak period kao posledica materijala od koga je most izgrađen i manje zapremine samog objekta.

Twinning projektom Švedske putne administracije i JP „Putevi Srbije“ izvršena je termalna analiza mreže državnih puteva Republike Srbije i implementacija 6 putno meteoroloških stanica na teritoriji mačvanskog i kolubarskog okruga na kome je uspostavljeno zimsko održavanje zasnovano na nivou kvaliteta usluge. Prikupljanje podataka za termalnu analizu vršili su zaposleni JP „Putevi Srbije“, a analiza podataka i izrada karte mikrolokacija urađena je od strane Švedske putne administracije. Karta mikrolokacija predstavlja ulazni podatak za razvoj putno meteorološkog sistema JP „Putevi Srbije“.

## **6. PROCENA DOPRINOSA PMIS NA OPTIMIZACIJU TROŠENJA RESURSA**

Implementacija PMIS predstavlja značajnu investiciju u putnu privredu. Naravno teško je porediti vrednosti

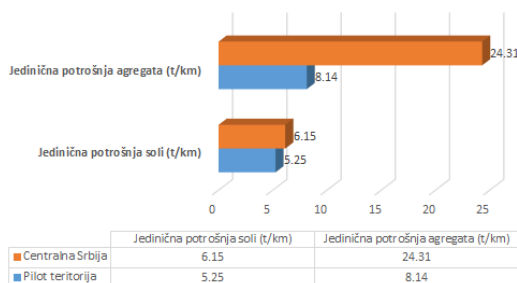
investicija za izgradnju i rehabilitaciju putne infrastrukture sa vrednosti investicija za uvođenje upravljačko informacionih sistema u saobraćaju, jer su još uvek investicije u upravljačko informacione sisteme u saobraćaju veoma niske. U ovom poglavlju predstavljena je analiza opravdanosti implementacije PMIS-a kroz prezentaciju ušteda ostvarenih u toku zimskog održavanja na teritoriji gde su implementirane putno meteorološke stanice u sklopu Pilot projekta i odstupanja u troškovima zimskog održavanja za period od 2013. do 2016. godine na delu mreže državnih puteva koje održavaju „AD Srem put“, AD Putevi Užice i AD Vranje.

Usled početnih poteškoća uslovljenih kašnjenjem Pilot projekta, PMIS je uveden na teritorijama u mačvanskom i kolubarskom okrugu i počeo je da se koristi kao podrška zimskom održavanju od zimske sezone 2005/2006. Nakon njenog završetka, po prvi put je izvršena evaluacija na svim teritorijama u pogledu potrošnje materijala za zimsko održavanje i ukupnih troškova zimskog održavanja. Urađena je uporedna analiza sa istim parametrima dobijenim za teritorije ostalih okruga u Centralnoj Srbiji (bez teritorije KiM, Beograda, AP Vojvodine, okruga obuhvaćenih Pilot projektom i autoputa E-75 od Beograda do Niša). Rezultati uporedne anaize potrošenog materijala (soli i agregata) za zimsku sezonu 2004/2005 pokazuju da je na teritoriji Pilot projekta prosečno potrošeno 5,25 tona soli po kilometru puta i 8.14 tona agregata po kileometru puta, dok je na teritoriji Centralne Srbije utošeno 6,15 tona soli i 24,31 tone agregata po kilometru puta (Slika 1).

Evaluaciom potrošenog materijala utvrđeno je da je na teritoriji Pilot projekta na kome je zimska služba koristila podatke PMIS-a potrošena 14,6% manje soli i 66,5%

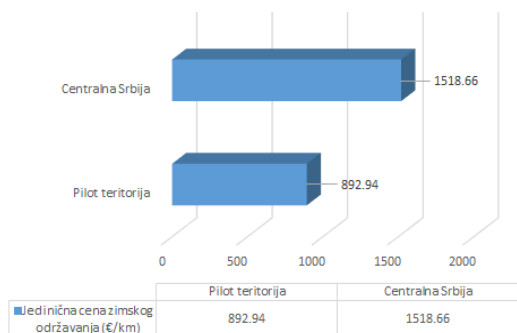


manje agregata u odnosu na zimske službe koje nisu imale dostupne meteorološke podatke.



Slika 1.: Jedinična potrošnja soli i agregata (zimski sezona 2004/2005)

Analiza troškova zimskog održavanja u zimskoj sezoni 2004/2005 pokazala je da su jedinični troškovi suzbijanja leda i uklanjanja snega na teritoriji koja je bila obuhvaćena Pilot projektom iznosili 892,94€/km, dok su preduzeća na teritoriji Centralne Srbije iste aktivnosti sprovedi za iznos od 1518,66 €/km (Slika 2.).



Slika 2.: Jedinični troškovi zimskog održavanja (zimski sezona 2004/2005)

Primena PMIS-a na teritoriji kolubarskog i mačvanskog okruga doprinelo je smanjenju jediničnih troškova zimskog održavanja po kilometru puta za preko 40% u odnosu na teritorije koje nisu imale podršku PMIS-a.

Uparedna analiza utrošenog materijala i jediničnih troškova zimskog održavanja u zimskoj sezoni 2004/2005 ukazuje na značajne razlike jediničnih troškova zimskog održavanja i „uštede“ materijala za zimsko održavanje. Međutim, razlike u

jediničnim troškovima zimskog održavanja i količini materijala utrošenog za suzbijanje leda i uklanjanje snega mogu biti posledica nejednakih meteoroloških uslova karakterističnih za određena geografska područja, a uslovljena su nadmorskim visinama i okruženjem puta. Uzimajući u obzir različite potrebe za zimskim održavanjem, u ovom radu je izvršena analiza troškova zimskog održavanja u odnosu na vremenske prilike za zimske sezone 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016 i 2016/2017 na delu putne mreže koja je pod nadležnošću preduzeća za održavanje puteva AD „Sreput“ Ruma, AD „Putevi“ Užice i AD „Vranje“. Metodologija primenjena u predmetnoj analizi podrazumevala je evaluaciju jediničnih troškova zimskog održavanja u odnosu na zimski indeks (Winter Index) koji treba da bude objektivan pokazatelj karakteristika zime sa aspekta vremenskih pojava i odražava važnost zimskog održavanja. U radu je primenjen modifikovani Hulmov Indeks [6] kog je modifikovao J.E. Thornes [7] kako bi bio jednostavniji za korišćenje u analizama troškova zimskog održavanja, pri čemu zimski „ozbiljnost“ je veća ukoliko zimski indeks ima nižu vrednost. Indeks se dobija korišćenjem sledeće formule:

$$WI = a * \sqrt{TI} + b * \ln\left(\frac{S}{10} + 1\right) + c * \sqrt{\left(\frac{N}{R+10}\right)} + d \quad (1)$$

gde je:

**TI - Temperaturni indeks:**  $TI=0$  ako je minimalna dnevna temperatura iznad  $0^{\circ}\text{C}$ ;  $TI=1$  ako je maksimalna dnevna temperatura viša  $0^{\circ}\text{C}$  dok je minimalna dnevna temperatura niža od  $0^{\circ}\text{C}$ ; i  $TI=2$  ako je maksimalna dnevna temperatura niža od  $0^{\circ}\text{C}$ . U analizi se koriste prosečne dnevne vrednosti;

**S - Snežne padavine:** prosečne vrednosti dnevnih padavina izrežene u milimetrima;

**N - Broj dana sa mrazom:** prosečan broj dana sa minimalnom temperaturom nižom od  $0^{\circ}\text{C}$  ( $0 < N < 1$ );



**R - Temperaturni rang:** vrednost razlike prosečne mesečne maksimalne temperature vazduha i prosečne mesečne minimalne temperature vazduha izražene u °C.;

**a, b, c, d** – konstante.

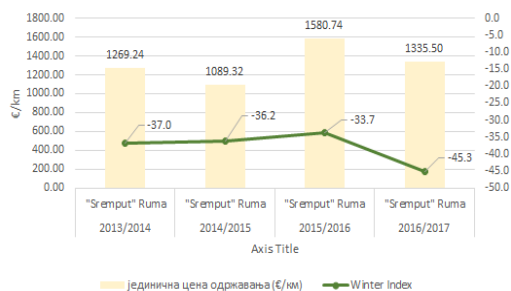
Postoji više načina za utvrđivanje vrednosti konstanti (u našem slučaju a, b i c). Najčešći i najlakši način za dodeljivanje odgovarajućih težina na osnovu učešća pojedinog parametra u procesu zimskog održavanja ( $a=35\%$ ,  $b=35\%$ ,  $c=30\%$ ). Vrednost konstanti se utvrđuje za kritičnu vrednost zimskog indeksa  $WI=-50$ , a dobija se za vrednosti sledećih parametara  $TI=1.87$ ,  $S=16.5$ ,  $N=1$  i  $R=1$ . U tom slučaju, vrednosti konstanti iznose  $a=-25.58$ ,  $b=35.68$ ,  $c=99.5$  i  $d=50$ .

U ovom radu kao reperne meteorološke stanice Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda (RHMZ) uzete su stanice Novi Sad, Zlatibor i Vranje. U nedostatku veće baze meteoroloških podataka, navedenih meteoroloških stanica su uzete kao reperne za delove putne mreže na kojima su preduzeća koja su predmet analize zadužena. Autor je smatrao da podaci uzeti u razmatranje mogu reprezentovati vremenske uslove u zimskom periodu sa zadovoljavajućom tačnošću. Za svaku sezonu analizirane su vrednosti meteoroloških parametara u periodu od **01. novembra** do **31. marta**.

Preduzeće za održavanje puteva AD „Sremput“ Ruma je zaduženo za održavanje 516 kilometara puteva (547 kilometara u sezoni 2013/2014). Prosečna maksimalna dnevna temperatura iznosi 9.4°C, a prosečna minimalna dnevna temperatura iznosi 0.9°C, što ukazuje na manju potrebu za intervencije zimske službe. U analizi zimskog indeksa korišćeni su meteorološki podaci prikupljeni na lokaciji „Novi Sad“. Rezultati analize prikazani su na slici 3.

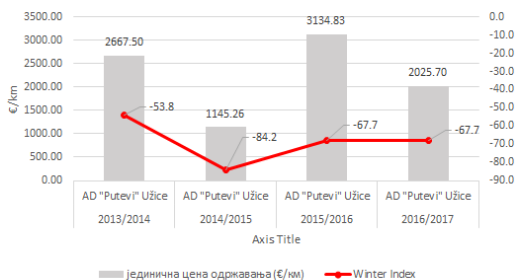
Iz analize se može zaključiti da su jedinični troškovi zimskog održavanja bili

najviši (1.580,74 €/km) za zimsku sezonu 2015/2016 kada je zimski indeks imao najvišu vrednost i iznosio -33,7 dok su u drugim godinama vrednosti jediničnih troškova pratile promene vrednosti zimskog indeksa. Vrednosti jediničnih troškova zimskog održavanja razlikuju se do 30%, ali nisu proporcionalni sa zimskim indeksom.



Slika 3: Jedinični troškovi zimskog održavanja u odnosu na zimski indeks (WI) – AD „Sremput“ Ruma

Preduzeće za održavanje puteva AD „Putevi“ Užice zaduženo je za održavanje 691 kilometara puteva (752 kilometara u sezoni 2013/2014). U analizi zimskog indeksa korišćeni su meteorološki podaci prikupljeni na lokaciji „Zlatibor“. Rezultati analize prikazani su na slici 4.:

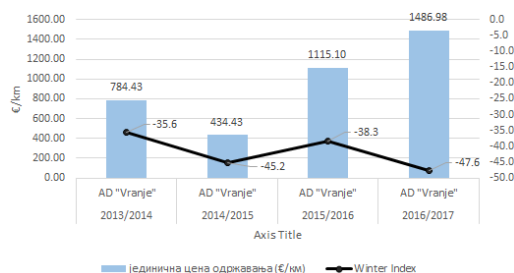


Slika 4: Jedinični troškovi zimskog održavanja u odnosu na zimski indeks (WI) – AD „Putevi“ Užice

Okrug koji je obuhvaćen mrežom puteva za koju je zaduženo preduzeće AD „Putevi“ Užice ima više aktivnosti na poslovima sprečavanja leda i uklanjanja snega jer je zimski indeks dosta niži, što je direktna posledica većeg broja dana sa

nižim temperaturama i većom količinom snežnih padavina. Prosečna maksimalna dnevna temperatura iznosi 6.6°C, a prosečna minimalna dnevna temperatura iznosi -1.3°C. Analizirajući jedinične troškove zimskog održavanja uočeno je da je najniža vrednost troškova ostvarena za sezonu 2014/2015 kada je zimski indeks imao najnižu vrednost i iznosio -84.2. Ostale vrednosti jediničnih troškova nisu proporcionalne sa zimskim indeksom. Iz navedenog se može zaključiti da zimska služba nije dobro organizovana i efikasna.

Treće preduzeće za održavanje je AD „Vranje“ iz Vranja koje je zaduženo za održavanje 1232 kilometara puteva (721 kilometara u sezoni 2013/2014 i 1209 kilometara u sezoni 2014/2015). U analizi zimskog indeksa korišćeni su podaci prikupljeni putem meteorološke stanice „Vranje“ na kojoj je zabeležena prosečna maksimalna temperatura u posmatranom periodu od 9.7°C i prosečna minimalna dnevna temperatura -0.03°C. Rezultati analize prikazani su na slici 5.



Slika 5: Jedinični troškovi zimskog održavanja u odnosu na zimski indeks (WI) – AD „Vranje“

Jedinični troškovi zimskog održavanja u posmatranom periodu razlikuju se više od 3.5 puta za skoro identične vrednosti zimskog indeksa. U zimskoj sezoni 2014/2015 jedinični troškovi zimskog održavanja iznosili su 434.43 €/km za zimski indeks -45.2, a u zimskoj sezoni 2016/2017 troškovi zimskog održavanja iznosili su 1486,98 €/km za vrednost zimskog indeksa -47.6. Iz navedenog se može samo pretpostaviti da je ostvaren

veoma nizak kvalitet zimskog održavanja u sezoni 2014/2015 ili da postoje problemi u pripremi i organizovanju zimске službe.

Analizom jediničnih troškova zimskog održavanja preduzeća koja su uzeta u razmatranje, možemo zaključiti da je trend promena sličan za sva tri preduzeća ali uz dosta razlike u odnosima posmatranih vrednosti. Ovo može biti rezultat politike finansiranja izvođača radova u zimskom periodu kako bi se popravilo finansijsko stanje oslabljene putne privrede. Na ovaj način se odstupa od unapređenja procesa održavanja puteva kroz primenu efikasnijih tehnologija održavanja. Razlike u iznosima jediničnih troškova zimskog održavanja između dva ili više preduzeća zaduženih za održavanje puteva za slične zimске uslove dovodi u nepovoljan finansijski položaj preduzeće koje poslove zimskog održavanja izvode za niže jedinične troškove i stvara uslove koji nisu tržišno fer.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu su analizirani samo potencijalne uštede potrošenog materijala pri sprovođenju zimskog održavanja, a usled smanjene dostupnosti podataka o saobraćajnim nezgodama (koje su uzrokovane lošim stanju puta kao posledica zimskih uslova i neefikasnoj intervenciji zimске službe) i pada transportnog rada u periodu zimskog godišnjeg doba. JP „Putevi Srbije“ zaduženo za održanje 16.221 km puteva za koje je u zimskoj sezoni 2016/2017 izdvojeno oko 37.000.000,00 €, ako se primenom PMIS ostvare uštede od 10% (u zimskoj sezoni 2004/2005 procenjeno je da su ostvarene uštede od 40% jedinične cene zimskog održavanja na Pilot teritoriji) investiranje u implementaciju PMIS-a se može opravdati za jednu zimsku sezonu. Sa druge strane stvorili bi se preduslovi za ugovaranje zimskog održavanja zasnovanog na nivou kvaliteta usluge i

jednake uslove za sva preduzeća kojima su povereni poslovi zimskog održavanja. Nakon uspostavljanja jednog kvalitetnog PMIS-a, potrebno je nastaviti sa izradom klimatoloških studija koje bi dodatno unapredilo NU i bezbednost saobraćaja u periodu zimskog godišnjeg doba.

## LITERATURA

- [1] JP „Putevi Srbije“ (2017). Dugoročni i srednjoročni plan poslovne strategije i razvoja 2017-2027.
- [2] Transportation Association of Canada (2004). Salt SMART – Learning Guide (Module 1 – Setting the Stage).
- [3] JP „Putevi Srbije“ (2008). Priručnik za obuku osoblja na zimskom održavanju puteva.
- [4] National Reserach Council (2003). Road Weather Information Systems (Volume 1: Research Report).
- [5] National Reserach Council (2003). Road Weather Information Systems (Volume 2: Implementation Guide).
- [6] Hulme, M (1982). A New Winter, Index and Geographical Variations. Winter Weather Journal of Meteorology, Vol. 7, No. 3, 294-300.
- [7] Thornes, J. E. (1991) Thermal Mapping and Road-Weather Information Systems for Highway Engineers. *Highway Meteorology* (A. H. Perry and L. J. Symons, eds.), E. & F.N. Span, London, England, 39-67.
- [8] Gustavsson, T. (1999) Thermal mapping – a technique for road climatological studies: Meteorol. Appl. 6, 385-394.
- [9] Eriksson, M., Norrman, J. (2001), Analysis of station locations in a road weather information system. Meteorol. Appl. 8, 437-448.

## SUMMARY

### USE OF THE ROAD WEATHER INFORMATION SYSTEM FOR IMPROVING OF WINTER MAINTENANCE ON STATE ROAD NETWORK OF THE RS

**Abstract:** *Part of the strategic priorities of PE "Roads of Serbia" related to the maintenance and protection of national road network refers to performance based maintenance and level of service quality. The results of maintenance based on the level of quality of services should be more efficient and effective management of the maintenance of the road infrastructure by the introduction of new technologies and work procedures. This approach significantly expand the role of the contractor from the simple execution of works to the management of the road infrastructure and road preservation. Winter road maintenance is especially important strategic aim, because the community depends on the good connection between the roads, which must provide a level of service that ensures safe use of the road by users during the duration of the "winter season". The paper presents the establishment of a system that as a result has an equal distribution of risk between the route managers and the contractor during the winter maintenance period, the close connection of events that activates the Road Weather Information System (RWIS) for monitoring the weather conditions and really necessary field interventions. Analysis were performed of the potential contribution of RWIS to the optimization of resource consumption during the winter season and the selection of optimum and representative micro-locations of road meteorological stations, which are key importance for the realization the primary aims of RWIS.*

**Key words:** *Road Weather Information System (RWIS), winter maintenance, meteorological data, micro-location*

## УТИЦАЈ ХРАПАВОСТИ ПУТА НА ТРОШКОВЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

**Катарина Тадић**, студент, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, *k.tadic96@gmail.com*

**Оливера Дамњановић**, студент, Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, *oljadamnjanovic@gmail.com*

**Резиме:** На трошкове експлоатације велики утицај имају бројни показатељи, а у великој мери пут. Пут може утицати преко показатеља који могу бити технички и експлоатациони. Од свих експлоатационих показатеља стање коловоза има велики утицај. Бројне су карактеристике преко којих се описује стање коловоза, нпр. храпавост, попречне пукотине, подужне пукотине, мрежне пукотине, деформација ивице, колотрази, коефицијент трења, отпор котрљања, носивост коловозне конструкције, уздужне неравнине... Овај рад се детаљније бави храпавошћу коловозне конструкције као најинтересантнијом карактеристиком стања коловоза. Прво ће се дефинисати шта је заправо храпавост, затим начини на које се мери храпавости и њен утицај на трошкове експлоатације тј. трошкове потрошње горива, уља, пнеуматика.

**Кључне речи:** храпавост, трошкови експлоатације, стање коловоза

### 1. УВОД

Сваки пут састоји се од техничких и експлоатационих показатеља. Неке од техничких карактеристика су хоризонталне кривине, вертикалне кривине односно уздужни нагиб... Експлоатациони показатељи су у мањој мери истражени у односу на техничке. Најважнији експлоатациони показатељ везан за пут је стање коловоза. Јако је тешко описати површину коловозне конструкције и измерити одговарајуће карактеристике. Стање коловоза можемо да изразимо преко неке од следећих карактеристика: храпавост, текстура површине коловоза, носивост коловозне конструкције, трење, отпор котрљања, микротекстура и макротекстура, површински дефекти односно рупе, уздужне неравнине, деформације ивице, пукотине и колотрази. Свака од ових карактеристика има свој утицај на трошкове експлоатације. У сваком

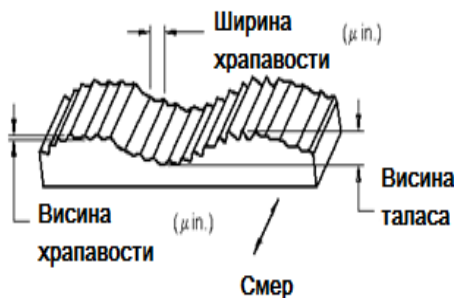
случају стање коловоза има велики утицај на вредност трошкова експлоатације.

Трошкови експлоатације су по дефиницији они трошкови коју су везани за управљање моторним возилом и обухватају трошкове потрошње горива, трошкове потрошње уља, трошкове пнеуматика и трошкове одржавања и оправки. Највећи проценат од укупних трошкова експлоатације чине трошкови потрошеног горива. За прорачун сваке наведене компоненте трошкова експлоатације постоји посебна и детаљна методологија. Различити су параметри који су укључени у прорачун, неки од њих су: тип возила, врста погонског горива, вертикални нагиб пута, брзина возила, загушења у саобраћају, хоризонтална закривљеност пута, стање коловоза. Када се процењује инвестирање у путеве трошкови компоненте имају значајну улогу и требало би их узети у обзир.

У раду ће бити детаљније разрађен утицај храпавости на трошкове експлоатације јер храпавост представља кључну компоненту у унапређењу пута. Разлог томе је што храпавост указује на ниво погоршања путева. Рад такође садржи и резултате истраживања спроведеног у Србији, на аутопуту. Истраживање је спроведено са циљем да се утврде промене у потрошњи горива, а самим тим и трошкова експлоатације, у зависности од промене храпавости коловозне конструкције.

## 2. ДЕФИНИЦИЈА И МЕРЕЊЕ ХРАПАВОСТИ

Најпре је потребно дефинисати шта је то храпавост коловозне конструкције. Храпавост или како се негде назива и „глаткост“ представља компоненту површине текстуре и дефинише се као неправилност на површини коловоза која негативно утиче на квалитет вожње, а сходно томе и на самог корисника. Поред квалитета вожње храпавост утиче и на трошкове кашњења возила, трошкове одржавања возила и потрошњу горива.



Слика 1: Приказ храпавости<sup>6</sup>

Храпавост се квантификује одступањем стварне површине у правцу нормалног вектора од идеалне. Сматра се да је површина груба уколико су

одступања велика, а глатка уколико су одступања мала (Слика 1).

<b>Прихватљив?</b>  ДА <input type="checkbox"/> НЕ <input type="checkbox"/> Неодлучан <input type="checkbox"/>	5	—	Веома добар
	4	—	Добар
	3	—	Солидан
	2	—	Лош
	1	—	Веома лош
	0	—	
Индентификована секција _____		Процена _____	
_____ Датум _____		Време _____	Возило _____

Слика 2: Образац за садашњу процену употребљивости (PSR)<sup>7</sup>

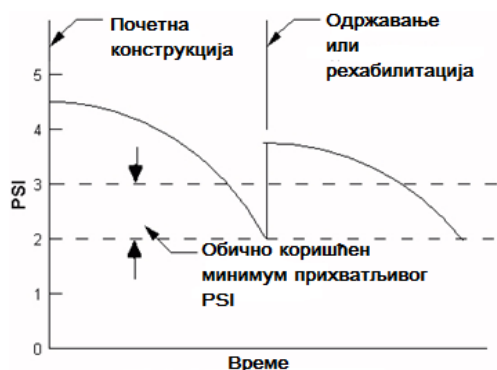
У ранијем периоду се храпавост мерила „садашњом проценом употребљивости“ (PSR). Заправо он представља оцену квалитета вожње, од 0 која означава у суштини „непроходан пут“ и 5 „одличан пут“ (Слика 2). Подразумевало се да се одређена група посматрача вози преко тог коловоза и на тај начин даје оцену, што је био велики недостатак јер није практичан за велику мрежу путева. Да би се овај недостатак превазишао развијен је „садашњи индекс употребљивости“ (PSI). Садашњи индекс употребљивости је представљао алгебарску функцију PSR. Вредност овог индекса није сама по себи мера перформанси коловоза јер се односи само на једну тачку у времену. Међутим када у одређеном временском периоду за одређени коловоз добијемо вредности постоји могућност да се види, или да се пројектује, период у току времена током ког коловоз може да пружи, или ће пружити, прихватљиву услугу. Наиме, са Сlike 3 може се видети да и PSI такође се заснива на оцени од 0 до 5. Као минимална прихватљива вредност PSI, односно

<sup>6</sup> Извор: [https://www.engineersedge.com/surface\\_finish.htm](https://www.engineersedge.com/surface_finish.htm)

<sup>7</sup> Извор: <http://www.pavementinteractive.org/roughness/>



вредност до које сматрамо квалитет колвоза задовољавајућим, је вредност између 2 и 3. Код новоизграђених путева вредност PSI је блиска оцени 5, када та вредност падне на 2 потребно је извршити одржавање или рехабилитацију коловозне конструкције како би се побољшао квалитет.



Слика 3: Стање коловоза коришћењем „Садашњег индекса употребљивости“ (PSI)<sup>8</sup>

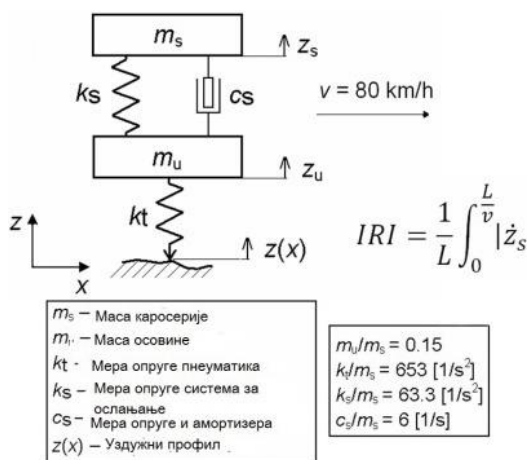
Као мера храпавости данас најчешће је у употреби IRI- Међународни Индекс Храпавости. Овај индекс је развила Светска банка у Бразилу још 1980. године, јединица којом се углавном мери је метар по километру (m/km), ређе милиметар по километру (mm/km), односно у инчима по миљама (in/mi), зависно од подручја. IRI када је математички развијен заправо представља реакцију појединачног пнеуматика система за ослањање возила и храпавости коловозне конструкције при брзини од 50 mph, односно 80 km/h.

Један од првих начина мерења IRI је такозваним моделом „четвртине аутомобила“. Овај модел како му и само име каже заправо подразумева модел само једне четвртине аутомобила. Укључује један пнеуматик, масу осовине

коју подноси пнеуматик, опругом код система за ослањање и амортизером и масом каросерије (Слика 4). На слици 5 приказана је формула за добијање вредности IRI применом модела „четвртине аутомобила“ при брзини од 80km/h.



Слика 4: Модел „четвртине аутомобила“ [1]



Слика 5: Рачунање вредности IRI применом модела „четвртине аутомобила“ [2]

### 3. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Студија спроведена у Јужној Кореји даје формулу која представља везу између потрошње горива и вредности храпавости тј. IRI-ја. Формула има следећи облик [3]:

$$FE \left[ \frac{l}{100km} \right] = a * IRI \left[ \frac{m}{km} \right] + b \quad (1)$$

где је:

<sup>8</sup> Извор:

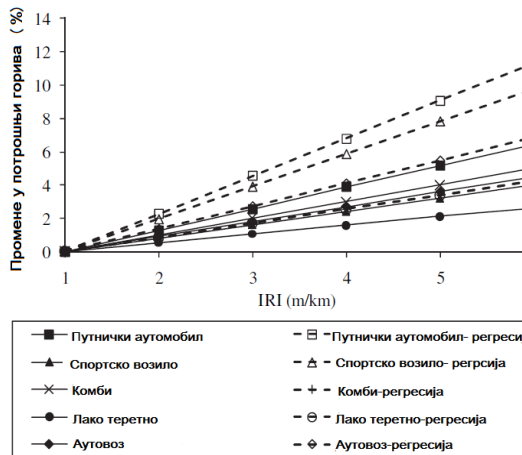
<http://www.pavementinteractive.org/pavement-condition-rating-systems/>



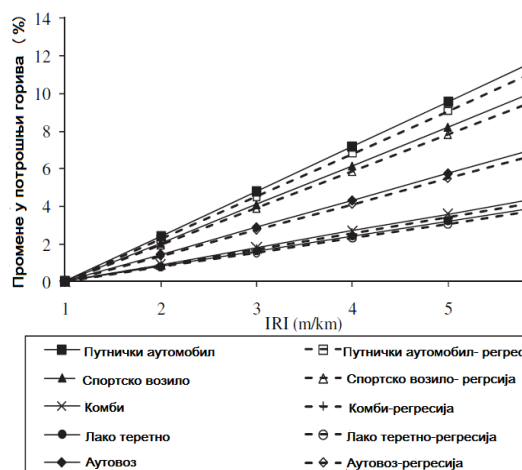
$FE$  - потрошња горива,  
 $a$  - константа која има вредност 7,  
 $b$  - константа која има вредност - 18.73.

Из формуле се може закључити да на 100 пређених километара потрошња горива се повећа 7 пута са повећањем IRI-ја [5].

На наредне две слике приказан је HDM-4 модел за прорачун потрошње горива у зависности од промене храпавости коловозне конструкције тј. IRI-ја.



Слика 5. Базни HDM 4 модел [4]



Слика 6. Калибрисани HDM 4 модел [4]

На слици 6 приказан је базни HDM 4 модел, а на слици 7 калибрисани HDM 4 модел. Графици представљају промене

у потрошњи када се возила крећу брзином од 88km/h, када је температура ваздуха 30°C, средња дубина текстуре коловоза 1 mm и нагиб пута од 0%.

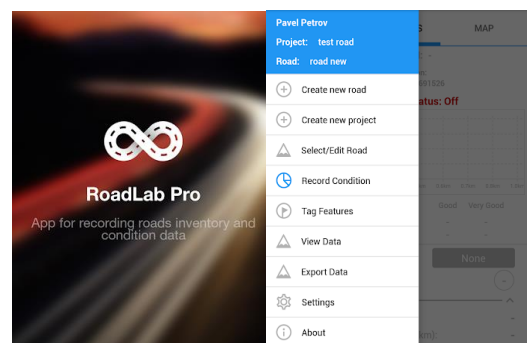
Са графика се могу очитати следеће вредности промене у потрошњи горива у зависности од промене IRI-ја:

- за путнички аутомобил: 2.6% за базни модел и 4.8% за калибрисани
- за спортска возила: 0.8% за базни и 4.1% за калибрисани модел
- за комби возила: 0.8% за базни модел и 1.8% за калибрисани модел
- за лака теретна возила: 0.5% за базни и 1.6% за калибрисани модел
- за аутовозове: 0.9% за базни модел и 2.9% за калибрисани модел.

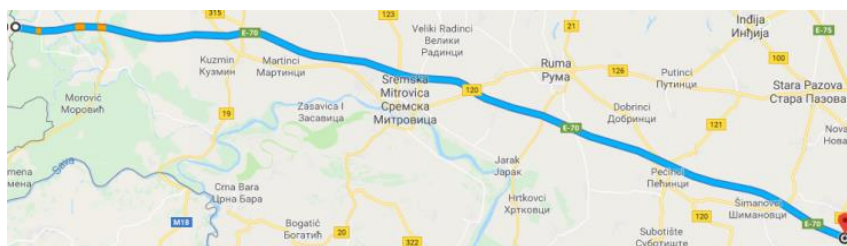
#### 4. МЕТОДОЛОГИЈА

Спроведено је истраживање на аутопуту Е70 Београд-Загреб на деоници „Наплатна станица Добановци-Гранични прелаз Батровци“ (Слика 9), дужина деонице је 69km.

Истраживање је спроведено 21. јуна 2018. године. Временски услови су били погодни, сунчано и топло без падавина. Возило које је учествовало у истраживању је Citroen C5 година прозводње 2013. За истраживање је коришћена апликација на мобилном телефону „RoadLabPro“ (Слика 8) која је доступна на Play Store.



Слика 8. RoadLabPro изглед апликације



Слика 9. Деоница на којој је спроведено истраживање

Уз мераче на паметним телефонима апликација процењује: стање коловоза, мапу путне мреже, ударне рупе и извештава о опасностима по безбедност саобраћаја. Постоји могућност и да се дода фотографија конкретног подручја, нпр. ударне рупе. Апликацију је развила Светска банка а примарни задатак јој је да Апликација мери конкретну вредност IRI-ја на сваких 100m и на основу те вредности класификује стање коловоза у пет категорија:

- веома добро <2.0
- добро 2.0-4.0
- солидно 4.0-6.0
- лоше 6.0-10.0
- веома лоше >10.0.

Док мери вредност IRI-ја апликација још бележи и податке о се убрзање возила, брзина кретања у том тренутку, GPS координате и број ударних рупа. Подаци које сними апликација се директно извозе у табеле у програму Microsoft Excel и могуће их је обрађивати. У раду коришћене су методе дескриптивне статистике, рачунат коефицијент корелације између IRI-ја и потрошње горива, а спроведена је и регресиона анализа односно утврђена је зависност потрошње горива од храпавости коловозне конструкције.

## 5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Истраживање је спроведено у оба смера, а како стање коловозне конструкције није идентично у оба

смера резултати су анализирани и приказани по смеровима.

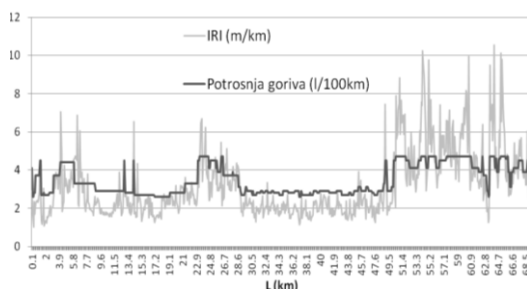


График 1: Промена IRI –ја и потрошње горива на сваких пређених 100m у смеру 1

График 1 приказује измерене вредности IRI-ја на сваких пређених 100m и потрошњу горива у сваком тренутку у смеру 1. За смер 1 утврђене су следеће вредности: најнижа измерена вредност IRI-ја је 1m/km и у том тренутку потрошња горива је 2.6l/100km. Највиша вредност IRI-ја је 10.54m/km и потрошња горива је 4.7l/100km. Разлика у потрошњи горива је 2.1l/100km што значи да са порастом IRI-ја потрошња расте за 0.021l по пређеном километру.

Измерене вредности IRI-ја на сваких пређених 100m и потрошњу горива у сваком тренутку у смеру 2 приказани су на Графику 2. Најнижа измерена вредност IRI-ја је 1.12m/km и у том тренутку потрошња горива је 2.6l/100km. Највиша вредност IRI-ја је 13.24m/km и потрошња горива је 4.8l/100km. Разлика у потрошњи горива је 2.2l/100km што значи да са порастом IRI-ја потрошња расте за 0.022l по пређеном километру.

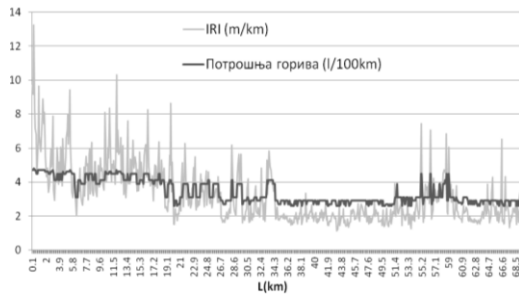


График 2: Промена IRI-ја и потрошње горива на сваких пређених 100t у смеру 2

Применом функција у програму Microsoft Excel утврђена је корелација, односно како промена једне променљиве утиче на промену друге. Израчунат је коефицијент корелације између индекса храпавости IRI-ја и потрошње горива, добијена је вредност од 0.77 у смеру 1 и 0.86 у смеру 2. Сprovedена је и регресиона анализа, регресиона једначина за смер 1 приказана је на Графику 3, а за смер 2 на Графику 4.

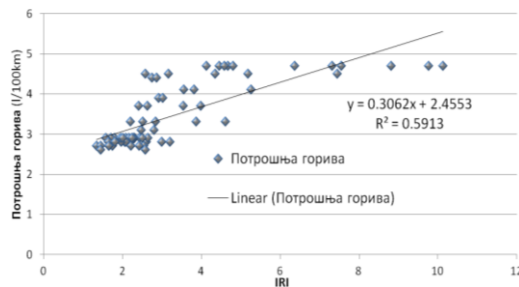


График 3. Потрошња горива у зависности од IRI-ја и линерна регресија за смер 1

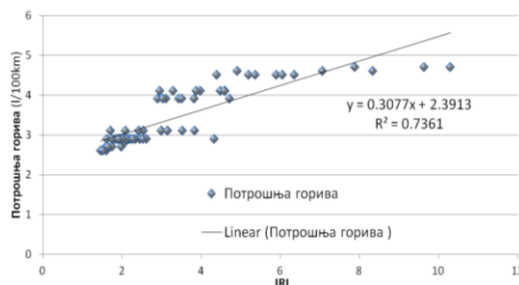


График 4. Потрошња горива у зависности од IRI-ја и линерна регресија за смер 2

Аустралијски [3] истраживачи су утврдили да укупни трошкови

експлоатације моторних возила расту од 3 до 11% у зависности од индекса храпавости IRI-ја. Везано за потрошњу горива дошли су до раста од 0.9% али за ранг IRI-ја од 1.2 до 5.8. Током истраживања у оквиру овог рада за ранг IRI-ја од 1 до 10.54m/km потрошња горива расте за 4.68% по јединици IRI-ја, а када је ранг IRI-ја од 1.12 до 13.54m/km потрошња горива расте за 3.69%. Већа промена у индексу храпавости доводи до веће промене у потрошњи горива.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Трошкови експлоатације су трошкови које директно сnose корисници пута јер они обухватају трошкове потрошње горива, потрошње пнеуматика, трошкови одржавања и оправки и управо они су значајни при процени вредности инвестиција у пут. Велики утицај на трошкове експлоатације има стање коловоза. Параметар стања коловоза чији је утицај на трошкове значаја је храпавост коловозне конструкције.

У оквиру овог истраживања мерена је потрошња горива, као најважнија компонента трошкова експлоатације, на посматраној деоници на којој је мерена и храпавост коловозне конструкције. Бележена свака промена у потрошњи преко мерача који показује тренутну потрошњу у возилу.

Анализирајући добијене податке са истраживања утврђена је зависност између потрошње горива и индекса храпавости. Са повећањем вредности индекса храпавости IRI-ја расте и потрошња горива. Када су вредности IRI-ја мини-малне (нпр. 1m/km и 1.2m/km) потрошња горива је 2.6l/100km односно 0.026l/km. Са растом вредности IRI-ја расте и потрошња горива, када је IRI 10.54m/km потрошња

горива је 4.7l/100km, односно 0.047lkm. Разлика у потрошњи горива је око 0.022l/km, односно потрошња расте око 4% по јединици IRI-ја.

На трошкове експлоатације утиче стање коло-воза, лошије стање коловоза значи више трошкове експлоатације. Храпавост је најзначајнији показатељ стања коловоза и што је виша вредност индекса храпавости (IRI) то су трошкови експлоатације виши. Финални закључак је да је потребно одржавати добро стање коловозне конструкције да би трошкови експлоатације били нижи.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] The international roughness index (IRI), American Concrete Pavement Association, 2002.
- [2] International Roughness Index specifications around the world, Peter Múčka, 2016.
- [3] Review of vehicle operating costs and road roughness: past, current and future, Dr Fiona Tan, Thorolf Thoresen, Caroline Evans, 2012.
- [4] Estimating the Effects of Pavement Condition on Vehicle Operating Costs, Karim Chatti, Imen Zaabar, 2012.
- [5] The change rate of fuel consumption for different IRI of paved roads, Kwangho Ko, Seunghyun Jeong, Inkyoon Yoo, Soohyung Lee, Jewon Kim, Koji Tsunokawa

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF ROAD ROUGHNESS ON VEHICLE OPERATION COSTS

**Abstract:** *On the vehicle operation cost, a great deal of influence has many indicators, and to a great extent the way. The road can be influenced by indicators that can be technical and exploitative. Of all exploitation indicators, the pavement condition has a major impact. There are a number of features that describe the condition of the pavement, e.g. roughness, transverse crevices, longitudinal cracks, cracks, deformations of the edges, friction coefficient, rolling resistance, pavement load capacity, longitudinal unevenness ... This paper deals more closely with the roughness of the pavement structure as the most interesting feature of the pavement condition. First, it will be defined what is roughness, then the ways in which the roughness is measured and its impact on the costs of exploitation, i.e. fuel consumption, oil, tires.*

**Key words:** *roughness, vehicle operation costs, pavement condition*



**GRUPA F**

---

**UPRAVLJANJE PARKIRANJEM**

---





**GRUPA F**  
**UPRAVLJANJE PARKIRANJEM**

---

**STANJE PARKIRANJA U GRADOVIMA I NASELJENIM MESTIMA U REPUBLICI SRBIJI**

*Jelena Simićević*

**UTICAJ VARIJABILNE CENE PARKIRANJA NA VREMENSKU RASPODELU ZAHTEVA ZA PARKIRANJE U JAVNIM PARKING GARAŽAMA**

*Vladimir Čuljković*

**MERE ZA POBOLJŠANJE NAPLATE DNEVNIH KARATA – STUDIJA SLUČAJA**

*Marjana Radosavljević, Dušan Radosavljević*

**PARK-AND-RIDE POLITIKA: MERA UPRAVLJANJA PARKIRANJEM U LOKALNOJ SAMOUPRAVI**

*Vladimir Molan*

**INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTAVI U FUNKCIJI KVALITETNIJEG PARKIRANJA**

*Klaudija Kuliš, Emir Deljanin, Ermin Muharemović*

**POLITIKA PARKIRANJA KAO INSTRUMENT ZA SMANJENJE ŠTETNIH EMISIJA PUTNIČKIH AUTOMOBILA**

*Vladimir Momčilović, Jelena Simićević*



# STANJE PARKIRANJA U GRADOVIMA I NASELJENIM MESTIMA U REPUBLICI SRBIJI

Jelena Simićević, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.simicevic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** U većini gradovi i naseljenih mesta u Republici Srbiji, bez obzira na njihovu veličinu, stanje transportnog sistema, strukturu i nivo raspoloživih kapaciteta za parkiranje danas se upravlja parkiranjem. Cilj ovog rada je da ispita stanje parkiranja u njima, odnosno da ispita efekte primenjenih mera za upravljanje parkiranjem i da eventualno ukaže na uzročnike lošeg stanja. Kako gotovo nijedan grad ne poseduje raspoloživu informacionu osnovu parkiranja, do potrebnih podataka se došlo anketom pojedinaca koji deluju u oblasti parkiranja u konkretnom gradu.

**Gljučne reči:** upravljanje parkiranjem, infrastruktura za parkiranje, režimi parkiranja, tarifni sistem parkiranja, kontrola i sankcionisanje prekršaja u parkiranju

## 1. UVOD

Problemi parkiranja koji se ogledaju kroz neusaglašenost ponude i zahteva za parkiranje, izraženi su ne samo u gradovima i naseljenim mestima (u daljem tekstu: gradovi) Republike Srbije (RS), već i u većini gradova širom sveta. Postojanje ovog problema dovodi do potrebe za upravljanjem parkiranjem.

U savremenom konceptu, upravljanje parkiranjem se odvija u dve faze. Prva faza se odnosi na prostorno uređenje parkiranja i podrazumeva tehničko regulisanje parking mesta na uličnim frontovima, prema zakonskim propisima i normativima za dimenzionisanje. Druga faza, funkcionalno uređenje parkiranja, obuhvata: režime parkiranja, tarifni sistem i sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju.

U centralnim zonama gradova najčešće je u primeni režim regulisanja trajanja parkiranja koji može biti bez vremenskog ograničenja sa naplatom ili sa vremenskim ograničenjem sa ili bez naplate parkiranja. Cilj uvođenja ovog režima je smanjenje srednjeg trajanja parkiranja, i time povećanje obrta odnosno broja korisnika

koji se mogu parkirati, a za koje je ocenjeno da su od vitalnog značaja za normalno funkcionisanje zone.

Ukoliko su u primeni režimi sa naplatom parkiranja, tarifnim sistemom definišu se kategorije korisnika i cene parkiranja za svaku od njih.

Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju obuhvata aktivnosti kontrolnih organa na održavanju projektovanih parametara važećeg režima parkiranja na najvišem mogućem nivou. On predstavlja važnu podršku definisanom režimu: bez kvalitetne kontrole i sankcionisanja prekršaja ne mogu se ostvariti željeni efekti upravljanja parkiranjem [1].

Opšti je utisak da se u većini gradova zemalja u razvoju "parkiranjem ne upravlja, upravlja na pogrešan način ili na ograničenom prostoru" [2].

Proces upravljanja parkiranjem mora biti baziran na oceni postojećeg stanja, upoznavanjem sa odgovarajućim karakteristikama infrastrukture i funkcionisanja parkiranja, do kojih se najčešće mora doći terenskim istraživanjima. S tim u vezi, svuda u Svetu

se teži formiranju informacione osnove parkiranja.

Kako i dalje ne postoje raspoložive informacione osnove parkiranja gotovo ni za jedan grad u RS, u ovom radu do podataka o stanju došlo se ekspertski, na osnovu ankete institucija (pojedinaца) koji deluju u oblasti parkiranja u konkretnom gradu.

Cilj ovog rada je da ispita stanje parkiranja u gradovima RS, odnosno efekte primenjenih mera za upravljanje parkiranjem i da eventualno ukaže na uzročnike lošeg stanja.

Rad je strukturiran tako da se posle Uvoda u tački 2 opisuje metodologija istraživanja kojom su prikupljeni podaci o stanju parkiranja u gradovima RS. Rezultati istraživanja karakteristika infrastrukture prikazani su u tački 3, načina upravljanja u tački 4, a karakteristika funkcionisanja parkiranja u tački 5. Stanje je analizirano i ocenjeno u tački 6, a u tački 7 data su zaključna razmatranja.

## 2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Slika postojećeg stanja parkiranja dobijena je na osnovu ankete stručnjaka koji deluju u oblasti parkiranja, a zaposleni su u gradskim upravama, lokalnim samoupravama ili javnim komunalnim preduzećima nadležnim za operativno sprovođenje mera u parkiranju. Za njih se smatralo da već poseduju ili mogu prikupiti podatke koji se u anketi traže.

Anketom je obuhvaćeno ukupno 11 gradova, različitih populacionih i drugih karakteristika (tabela 1). Kako je u ovim gradovima, sa istim ciljem, istraživanje sprovedeno i 2013. godine [1], korišćena je ista metodologija istraživanja (anketni obrazac) radi kasnijeg poređenja rezultata i vrednovanja napretka. Treba napomenuti da su iz uzorka anketiranih 2013. godine izbaćeni gradovi za koje nisu prikupljeni

podaci 2018. godine, odnosno poređenje je vršeno na istom uzorku gradova.

*Tabela 1: Struktura gradova obuhvaćenih istraživanjem prema broju stanovika*

<i>Broj stanovnika (x1.000)</i>	<i>% gradova</i>
<b>&lt;25</b>	36
<b>25-50</b>	9
<b>50-100</b>	18
<b>100-200</b>	18
<b>&gt;200</b>	18

## 3. INFRASTRUKTURA ZA PARKIRANJE

Parking mesta se u gradovima realizuju na uličnim frontovima, vanuličnim parkiralištima i u parking garažama.

U svim gradovima obuhvaćenim istraživanjem, na uličnim frontovima centralne zone je u potpunosti ili delimično izvršeno tehničko regulisanje parkiranja. Pored toga, u svim gradovima osim u jednom (9%) postoje i vanulična parkirališta, a samo u jednom gradu (9%) i parking garaža.

Parking mesta na uličnim frontovima zauzimaju minimalno 70% a maksimalno 100% (u proseku 85%) ponude za parkiranje. Pri tome, ovaj procenat je isti za gradove u kojima se upravlja i u kojima se ne upravlja parkiranjem. Slična situacija bila je i 2013. godine (u proseku 86%), od kada je izgrađeno samo jedno parkiralište od 40 parking mesta.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da su ulična parkirališta i dalje najzastupljeniji deo strukture parking mesta. Iako učešće garažnih parking mesta zavisi od veličine grada (i kreće se od 0% do oko 30%), preporuka je da učešće vanuličnih parking mesta generalno treba da iznosi oko 60% ukupne ponude za parkiranje [3].

#### 4. UPRAVLJANJE PARKIRANJEM

Kao što je navedeno, pod pojmom „upravljanje parkiranjem“ podrazumeva se, pored obezbeđivanja potrebnog/dovoljnog broja parking mesta, njihovo efikasno korišćenje, što se postiže režimima parkiranja, tarifnim sistemom i kontrolom i sankcionisanjem prekršaja.

Parkiranjem se upravlja u 82% gradova. U odnosu na 2013. godinu, to je za jedan grad više, mada su u njemu u trenutku istraživanja aktivnosti vezane za uvođenje režima bile u toku.

U 67% gradova parkiranjem se upravlja samo na prostoru uže ili šire centralne zone, dok se u 33% gradova upravlja i u delovima perifernih zona.

Mere za upravljanje parkiranjem treba da se definišu kroz Projekat kontrole i upravljanja parkiranjem [4]. U 56% gradova uvođenju režima prethodila je izrada Projekta. Međutim, kako su u 40% gradova u kojima je rađen Projekat njegovi rezultati samo delimično primenjeni, može se reći da su mere rezultat Projekta u samo 22% gradova.

U svim gradovima u poslednjih 5 godina došlo je do izmene nekih mera, i to: prostor kojim se upravlja je povećan (100%), promenjena je (povećana ili smanjena) cena parkiranja (44%), uvedena je dnevna karta za parkiranje (22%) i povećano je vremensko ograničenje (11%). Ove promene su najčešće (75%) rezultat ekspertske procene, a ne Projekta.

U svim istraženim gradovima, operativno upravljanje parkiranjem je povereno nekom javnom ili javnom komunalnom preduzeću. U 56% slučajeva reč je o JKP Parking servis, a u ostalim o nekom drugom preduzeću ili njegovom delu.

##### 4.1. Režim parkiranja

U gradovima RS primenjuje se režim sa vremenskim ograničenjem i naplatom

parkiranja (11%), režim bez vremenskog ograničenja sa naplatom parkiranja (33%) ili, najčešće, kombinacija ova dva režima (56%). U 89% gradova prostor u kom se upravlja podeljen je na 2 ili više zona u kojima važe različiti atributi režima parkiranja.

U gradovima gde postoji vremensko ograničenje, parkiranje je ograničeno na 1, 2, 3 ili 4 sata.

##### 4.2. Tarifni sistem parkiranja

U svim gradovima naplata parkiranja posetiocima se vrši po započetom satu. U većini gradova (78%) u svim zonama je u primeni linearni tarifni sistem, odnosno cena parkiranja svakog sata je ista. U 22% gradova postoje zone sa progresivnim tarifnim sistemom (prvi ili prva dva sata su jeftiniji, a ostali skuplji). Cene jednog sata parkiranja se razlikuju po zonama režima: za zone bez vremenskog ograničenja i zone sa 1 h, 2 h, 3 h i 4 h ograničenja iznose respektivno: 34,15; 66,67; 44,69; 44,28 i 30 RSD. Uz to, u većini gradova (89%) parkiranje se može platiti i višesatnom/dnevnom kartom, koja iznosi između 80 i 781 RSD/h (u proseku 242 RSD/h) i validna je do kraja perioda važenja režima tog dana. U slučaju 33% gradova, u zonama u kojima postoji vremensko ograničenje postoji i dnevna karta.

Cena parkiranja na vanuličnim parkiralištima iznosi od 30 do 55 RSD/h (u proseku 44 RSD/h).

Pored pomenute kategorije „posetilac“, tarifnim sistemom su definisane i druge kategorije korisnika:

- Izuzet od naplate: u 89% gradova u ovu kategoriju spadaju osobe sa posebnim potrebama, a pored njih se sreću i policija (22%), i trudnice, gradska uprava, komunalne službe, vojska, dom zdravlja (11%).



- Povlašćeni korisnici: u ovu kategoriju, pored stanovnika zone (100%), spadaju i pravna lica i preduzetnici sa sedištem firme u zoni (67%). Tamo gde osobe sa posebnim potrebama nisu izuzete od naplate, one su takođe povlašćene.
- Korisnici rezervisanih parking mesta: U 56% gradova postoji mogućnost rezervacije parking mesta za pravna lica, a u 45% postoje i rezervisana mesta; odnosno u 11% gradova se ta mogućnost ne koristi.

#### **4.3. Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju**

U svim istraženim gradovima kontrolu poštovanja režima sprovodi odgovarajuće javno ili javno komunalno preduzeće. Pored njih, kontrolu i sankcionisanje prekršaja obavljaju i saobraćajna policija, komunalna policija i komunalna inspekcija, svako u skladu sa svojim nadležnostima.

U gradovima u kojima je u primeni neki od režima parkiranja, kontrolori JKP napišu dnevno 1 kaznu (tj. "dnevnu kartu") na svakih od 8 do 61 parking mesta (u proseku na svakih 25). Cena kazne u proseku iznosi 993 RSD (od 500 do 1.300 RSD), odnosno povećana je za 12% u odnosu na 2013. godinu. Stepen realizacije kazni se kreće od 25% do 65% (u proseku 38%) od ukupnog broja izrečenih.

#### **5. KARAKTERISTIKE FUNKCIONISANJA PARKIRANJA**

U gradovima u kojima se ne upravlja parkiranjem ocenjeno je da su i ulična i vanulična parking mesta popunjena "preko mere" i da je u velikoj meri zastupljeno parkiranje na zabranjenim mestima.

U 56% gradova u kojima se upravlja parkiranjem, u periodu povećane atraktivnosti zone, regulisana parking mesta na uličnim frontovima su potpuno

zauzeta, dok su delimično zauzeta u 44% slučajeva. Tamo gde su mesta potpuno iskorišćena (ili čak "preko mere") istovremeno su prisutna i parkiranja na zabranjenim mestima u većoj (40%) ili manjoj meri (60%). U svim gradovima u kojima su regulisana mesta delimično iskorišćena, istovremeno je u velikoj meri izraženo parkiranje na zabranjenim mestima.

U gradovima u kojima se upravlja parkiranjem, vanulična parkirališta su pri maksimalnom opterećenju zauzeta između 50% i 100% (u proseku 78%).

Navedena stanja popunjenosti u svim gradovima (100%), i u onima u kojima se parkiranjem upravlja i onima u kojima se ne upravlja, za posledicu imaju dugo traganje za slobodnim parking mestom.

U samo 11% gradova u kojima se upravlja parkiranjem efekti primenjenih mera su vrednovani u poslednjih 5<sup>9</sup> godina.

#### **6. ANALIZA STANJA PARKIRANJA**

Izuzetno je mali broj gradova koji imaju ažurne podatke o izmeriteljima stanja parkiranja. U poslednjih 5 godina, Projekat kontrole i upravljanja parkiranjem je rađen u 2 grada, dok su samo u 1 gradu u kome se upravljanja parkiranjem istraženi efekti primenjenih mera.

Osnovnu strukturu parking mesta i dalje čine mesta na uličnim frontovima (u proseku 85%). U odnosu na 2013. izgrađeno je samo jedno vanulično parkiralište kapaciteta 40 mesta. Ovakva raspodela je veoma nepovoljna kada se ima u vidu negativan uticaj koji sam proces parkiranja na ulici i traganje za slobodnim parking mestom imaju na ostale transportne pod sisteme grada a i šire.

U 56% gradova režim je uveden na osnovu rezultata Projekta kontrole i

<sup>9</sup>Podaci stariji od 3 do 5 godina se smatraju neažurnim.

upravljanja. Međutim, kako su u 40% gradova u kojima je rađen Projekat njegovi rezultati samo delimično primenjeni, može se reći da su mere rezultat Projekta u samo 22% gradova. U odnosu 2013. kada je 37% gradova radilo Projekat i u potpunosti uvažilo njegove rezultate, danas se može konstatovati porast trenda ekspertske definisanja mera parkiranja.

U svim gradovima u kojima se upravlja parkiranjem u poslednjih 5 godina došlo je do proširenja zone važenja režima, i to u 75% slučajeva bez prethodno sprovedene Studije koja bi potvrdila ekspertske procenu o postojanju potrebe i mogućnostima za uvođenje režima, i koja bi taj režim definisala. Na isti način, u nekim gradovima (56%) menjani su i atributi režima i/ili tarifni sistem.

U 67% gradova upravlja se primenom režima sa vremenskim ograničenjem i naplatom parkiranja, koji je (ako se pravilno primeni) efikasniji od režima bez vremenskog ograničenja sa naplatom. U odnosu na 2013. godinu, kada je vremensko ograničenje postojalo u 62% gradova, ostvaren je blagi pomak.

Međutim, važno je napomenuti da u 33% gradova u kojima postoje zone sa vremenskim ograničenjem trajanja parkiranja istovremeno postoji i dnevna karta, kojom se ostvaruje mogućnost parkiranja bez vremenskog ograničenja, odnosno ova mera se poništava.

Ne postoji „jedinstven jezik parkiranja“, drugim rečima zone određenog režima obeležene su na različite načine (npr: različitim bojama za isto vremensko ograničenje, od grada do grada).

U 89% gradova pravna lica i preduzetnici mogu kupiti mesečnu pretplatu. Ovo nije u skladu sa opštom idejom upravljanja parkiranjem, u kojoj se korisnicima sa motivom “rad” onemogućava/destimuliše parkiranje.

Cene parkiranja na vanuličnim parkiralištima su veće ili jednake ceni na uličnim parkiralištima u uticajnoj zoni.

U gradovima u kojima se upravlja parkiranjem, dnevno se u proseku napiše 1 kazna ("dnevna karta") na svakih 25 mesta - isto kao i 2013. godine. Uz pretpostavku da se stanje parkiranja (odnosno broj prekršilaca) nije značajno promenio, može se zaključiti da ni funkcionisanje ovog dela kontrole nije promenjeno.

Sa druge strane, stepen realizacije kazni se povećao sa prosečnih 25% 2013. godine na 38% 2018. godine, što je pozitivan pomak.

U svim gradovima u kojima se upravlja parkiranjem, čak i u onima u kojima su parking mesta pri vršnom opterećenju samo delimično popunjena, javljaju se parkiranja na zabranjenim mestima i to u 67% njih u velikoj meri a u 33% u maloj meri. Ovo ukazuje na loše stanje parkiranja koje može biti posledica loše definisanih režima ili njihovih atributa (vremenskog ograničenja i/ili cene vremenske jedinice za naplatu parkiranja) ili lošeg funkcionisanja sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju.

Istovremeno, vanulična parkirališta su nedovoljno iskorišćena (pri maksimalnom opterećenju u proseku 75%). Ovo može biti posledica loše definisanog tarifnog sistema parkiranja, odnosno iste ili više cene parkiranja na vanuličnim parkiralištima u odnosu na ulična u uticajnoj zoni.

## 7. ZAKLJUČAK

Od 2000. godine do danas raste broj gradova u RS koji su prihvatili savremeni koncept upravljanja parkiranjem. 82% gradova je uvelo neki od restriktivnih režima parkiranja u svoje centralne zone.

Međutim, na osnovu ekspertske iskazanih efekata upravljanja parkiranjem na uzorku gradova RS može se zaključiti da

željeni pozitivni efekti upravljanja parkiranjem nisu (u potpunosti) postignuti.

U svim gradovima u kojima se upravlja parkiranjem, javljaju se neregularna parkiranja i to u 67% njih u velikoj meri a u 33% u maloj meri. Posebno je indikativan podatak da se u svim gradovima u kojima su pri vršnom opterećenju parking mesta popunjena samo delimično javljaju neregularna parkiranja i to u velikoj meri.

Ovo ukazuje na loše stanje parkiranja u gradovima RS koje može biti posledica loše definisanih režima ili njihovih atributa (vremenskog ograničenja i/ili cene vremenske jedinice za naplatu parkiranja i/ili loše definisanog tarifnog sistema) i/ili lošeg funkcionisanja sistema kontrole i sankcionisanja prekršaja u poštovanju propisanog režima parkiranja. S obzirom na to da se stanje parkiranja ne prati periodično, odnosno da ne postoje ažurne baze podataka u većini gradova, nemoguće je bez izrade kompleksne Studije odnosno Projekta kontrole i upravljanja parkiranjem identifikovati uzročnike lošeg stanja i redefinisati mere koje bi ih otklonile.

Imajući u vidu prostorna ograničenja i finansijsku situaciju u gradovima RS, za očekivati je da će još dugo vremena

parking mesta na uličnim frontovima biti osnovna i najzastupljenija struktura parking mesta. Time režimi parkiranja kojima treba da se unapredi ovaj podsistem dobijaju još više na značaju. U tom cilju periodično utvrđivanje karakteristika funkcionisanja parkiranja (istraživanje „pre i posle“) i dalje indikatora parkiranja je neophodan korak u procesu upravljanja parkiranjem.

## LITERATURA

- [1] Milosavljević, N., Simićević, J. (2013). Stanje parkiranja u gradovima i naseljenim mestima u RS i okruženju. Zbornik radova skupa Parkiranje ka održivom
- [2] Rye, T. (2010) Parking Management: A Contribution towards Livable Cities. Module 2c in Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. GTZ Transport Policy Services.
- [3] Highway Research Board (1971). Parking principles, Special Report No. 125. Washington D.C.
- [4] Milosavljević, N., Simićević, J. (2018). Parkiranje. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

## SUMMARY

### PARKING STATE IN REPUBLIC OF SERBIA CITIES AND TOWNS

**Abstract:** *Nowadays in most Republic of Serbia cities and towns, regardless of their size, transport system state, parking type and occupancy, parking is being managed. This paper aims to estimate the state of parking in them, i.e. to estimate the effects of implemented parking management measures and possibly to indicate the causes of poor state. As there are still no available parking data base for almost any city, needed data were collected by interviewing individuals working in the field of parking in a certain city.*

**Key words:** *parking management, parking infrastructure, parking regimes, parking tariff system, parking enforcement*

# UTICAJ VARIJABILNE CENE PARKIRANJA NA VREMENSKU RASPODELU ZAHTEVA ZA PARKIRANJE U JAVNIM PARKING GARAZAMA

Vladimir Čuljković, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd, v.culjkovic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** *Cena parkiranja je najčešći način upravljanja parkiranjem. Ovo je razumljivo kada se ima u vidu da je to jedan od najefikasnijih alata za upravljanje zahtevima za parkiranje koji se može jednostavno promeniti bez potrebe korišćenja naprednih tehnologija. Međutim loše definisana cena ne daje očekivane efekte: niska cena dovodi do toga da parking mesta budu preopterećena dok suviše visoka cena prouzrokuje nedovoljno iskorišćenje. U praksi se najčešće primenjuje linearna cena parkiranja. Potražnja za parkiranje se menja u toku dana (raste i opada u skladu sa atraktivnošću zone) pa se jedinstvenom cenom parkiranja u toku dana popunjenost kapaciteta za parkiranje ne može dovesti na željeni nivo. Jedan od pristupa za prevazilaženje ovog problema je povećanje cene parkiranja u periodu povećane potražnje i smanjenje cene parkiranja u periodu slabe potražnje, odnosno primena varijabilne cene parkiranja.*

*U okviru ovog rada ispitana je mogućnost primene varijabilne cene parkiranja u parking garažama u toku dana. Sprovedeno je istraživanje metodom anketiranja kojim je ispitano kakve bi bile reakcije korisnika na ovakvu cenu parkiranja. Rezultati su pokazali da su korisnici sa određenim motivima parkiranja osetljiviji na cenu i iskazuju spremnost da promene vreme realizacije putovanja, odnosno, da se parkiraju u periodima kada je cena niža. Na taj način se obezbeđuje ravnomernije iskorišćenje kapaciteta u toku dana. Osim toga, umanjuju se negativni efekti na lokalnu ekonomiju (koji bi nastali kao posledica odustajanja od dolaska u zonu zbog visoke cene parkiranja) i rasterećuje se dinamički saobraćaj jer su putovanja ravnomernije raspoređena u vremenu.*

**Gljučne reči:** *upravljanje parkiranjem, varijabilna cena, motiv parkiranja, promena ponašanja korisnika*

## 1. UVOD

Savremeni pristup rešavanju problema parkiranja podrazumeva efikasno korišćenje postojećih kapaciteta i upravljanje zahtevima za parkiranje. Infrastrukturu za parkiranje čine ulična parking mesta, vanulična parkirališta i parking garaže. Bez obzira o kojoj vrsti parking mesta se radi, osnovni cilj je postizanje ravnoteže između ponude i potražnje, odnosno, održavanje popunjenosti na željenom nivou. Najčešći

način upravljanja parkiranjem je cena parkiranja što je i razumljivo kada se ima u vidu da ju je lako promeniti bez upotrebe naprednih tehnologija (D'Acierno i ostali, 2006.). Većina sadržaja u gradovima radi u toku dana (između 8 i 20 časova) dok manji broj njih radi tokom večernjih i noćnih časova. U skladu s tim potražnja za parkiranje se menja tokom dana. Kako se naplata parkiranja na vanuličnim mestima uobičajeno vrši tokom 24 časa, najčešće besplatno ulično parkiranje tokom večernjih i noćnih časova čini da je

popunjenost parking garaža u tom periodu izuzetno niska. Tokom dana, sa početkom radnog vremena sadržaja, raste i potražnja za parkiranje pri čemu se najpre popunjavaju parking mesta koja su bliža cilju putovanja (obično ulična parking mesta) a zatim i vanulična parking mesta. Za korisnike koji nisu unapred opredeljeni za određenu strukturu parking mesta (ulično ili vanulično-garažno) cena je osnovni faktor koji odlučuje o izboru (Litman, 2010). Dobro definisana cena parkiranja omogućava ravnotežu između potražnje za parkiranje, koja se menja tokom dana, i ponude parkiranja koja je konstantna (Shoup, 2004). U skladu sa tim teško je očekivati da fiksna cena tokom celog dana donese zadovoljavajuće efekte. Takođe, u praksi ne postoji primer parking garaže u kojoj se održava jedan nivo popunjenosti neprekidno pa samim tim usvajanje bilo koje jedinstvene vrednosti za željenu ne bi imalo smisla. Uobičajeno je da se usvoji opseg u okviru kojeg bi popunjenost garaže trebalo da se kreće. Koje će biti granice tog opsega zavisi od lokalnih uslova parkiranja za koje se opseg određuje.

U ovom radu ispitana je mogućnost primene varijabilne cene parkiranja u parking garažama u toku dana i analizirane su potencijalne reakcije korisnika na ovakvu cenu. Glavni cilj je da se dostigne ravnomernije iskorišćenje u toku dana.

Rad se sastoji iz šest delova: u drugom delu su prikazani osnovni podaci o saobraćajnom sistemu u Beogradu i detaljni podaci o podsystemu parkiranja u centralnoj zoni Beograda. U trećem delu dat je pregled literature koja se odnosi na temu koju rad obrađuje. U četvrtom delu prikazana je metodologija istraživanja i prikupljanja podataka. U petom delu su dati analiza rezultata istraživanja i efekti

predložene cene parkiranja. Konačno, u šestom delu data su zaključna razmatranja.

## 2. STANJE PARKIRANJA U BEOGRADU

Problem parkiranja u Beogradu je prisutan praktično u svim urbanim delovima grada. Problem je nastao kao posledica neravnoteže između potražnje za parkiranje i broja parking mesta koja je delimično posledica istorijski formirane strukture grada a delimično posledica svesnih ili slučajnih propusta u planiranju ali i lošeg upravljanja parkiranjem. U ukupnom broju parking mesta u Beogradu veliku većinu čine ulična parking mesta što za posledicu ima da je većina vozila parkirana na ulicama. Problem dodatno otežava neadekvatno rešeno parkiranje vozila stanovnika. Naime, izgradnju stambenih zgrada nije pratila izgradnja odgovarajućeg broja parking mesta što prouzrokuje da su vozila stanovnika često parkirana na ulici.

U centralnoj zoni Beograda korisnicima je na raspolaganju 14097 parking mesta od čega 81% čine ulična parking mesta, 14% čine parking mesta u garažama dok se 5% parking mesta nalazi na vanuličnim parkiralištima. Ukupno, na raspolaganju je 5 parking garaža sa 1976 parking mesta i 7 vanuličnih parkirališta sa 675 parking mesta.

Na uličnim parking mestima u centralnoj zoni u primeni je restriktivni režim parkiranja sa vremenski ograničenim parkiranjem i naplatom parkiranja. Prostor je podeljen na tri zone (crvenu, žutu i zelenu) koje se razlikuju po veličini vremenskog ograničenja (1, 2 i 3 časa respektivno) i po ceni parkiranja (56 RSD, 48 RSD i 41 RSD, po započetom satu, respektivno). Većina korisnika parkiranje plaća mobilnim telefonom, a na raspolaganju su i drugi načini plaćanja kao što su parkometri, parking karte i

elektronske karte. Režim važi radnim danima od 7 do 21 čas i subotom od 7 do 14 časova, dok je nedeljom parkiranje besplatno, bez vremenskog ograničenja.

Na vanuličnim parkiralištima i u parking garažama parkiranje nije vremenski ograničeno. Naplata parkiranja se vrši 24 časa dnevno po započetom satu parkiranja. Cena parkiranja je različita od objekta do objekata i 2 do 3 puta je veća od cene parkiranja na ulici.

U vreme povećane atraktivnosti zone, sva ulična parking mesta su zauzeta uz značajan broj neregularno parkiranih vozila što veoma otežava pronalaženje slobodnog parking mesta. Istovremeno, vanulična parkirališta i parking garaže retko su 100% popunjeni i može se reći da se u svakom trenutku može naći slobodno parking mesto.

### 3. PREGLED LITERATURE

Fokus različitih pristupa definisanja cene parkiranja na uličnim parking mestima je na formiranju cene koja će omogućiti postizanje nivoa popunjenosti parking mesta koji obeshrabruje kruženje u potrazi za slobodnim parking mestom (Shoup 2005., 2006.) a da istovremeno održava ili čak podstiče ekonomske aktivnosti u tom prostoru. Postojeće studije ukazuju na to da optimalna popunjenost pada između 80% i 95% (Shoup 2005., 2006.; Arbatskaya i ostali, 2007;). Shoup (2005.) je sugerisao da optimalni nivo popunjenosti treba da se kreće oko 85% ili da se obezbedi da bar jedno ili dva parking mesta po bloku budu slobodna da bi vozači mogli brzo da nađu slobodno parking mesto. Da bi se to dostiglo, može se primeniti određivanje cene parkiranja na osnovu indikatora funkcionisanja sistema: cena se podiže kada je popunjenost viša od usvojenog nivoa a smanjuje se kada je ispod

usvojenog nivoa. Visina cene parkiranja koja će omogućiti dostizanje željenog nivoa popunjenosti može se odrediti na osnovu koeficijenta elastičnosti (Simićević i ostali, 2012). S obzirom da potražnja za uličnim parking mestima verovatno varira u zavisnosti od doba dana i lokacije, idealno određivanje cene parkiranja na osnovu indikatora funkcionisanja sistema podrazumeva variranje cene u zavisnosti od vremena i lokacije (Verhoef i ostali, 1995.,).

Optimalni opseg popunjenosti nije jednostavno odrediti. Parking garaža treba da bude što popunjenija ali nivo popunjenosti ne bi trebalo da prelazi 95% da bi korisnik imao sigurnost da će uvek pronaći slobodno parking mesto. Ukoliko je garaža popunjena 100% u dužim periodima u toku dana, korisnik vremenom gubi sigurnost da će moći da se parkira u njoj a sa time i naviku da je koristi. Donju granicu popunjenosti je još teže odrediti. Gradska uprava San Franciska (SAD) je usvojila opseg popunjenosti između 60 i 80 procenata (Pierce and Shoup, 2013). Projektanti sistema i oni koji ga sprovede treba da budu zadovoljni sa 60 do 65 procenata ostvarenja projektovanih parametara (Milosavljevic, 2010.). Imajući sve prethodno navedeno u vidu, usvojen je željeni opseg popunjenosti između 65 i 95 procenata.

### 4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada je da proceni efekte uvođenja ili promene mera za upravljanje parkiranjem, konkretno, ispitivanje mogućnosti upravljanja popunjenošću parking garaža primenom različitih cena parkiranja u toku dana.

Iz tog razloga izvršena su istraživanja sa ciljem da se utvrdi da li i na koji način primena različitih cena parkiranja utiče na popunjenost parking garaža. U tu svrhu



korišćena je metoda predviđanja ponašanja korisnika na osnovu njihovih izjava (stated preferences).

Istraživanja su obavljena u jednoj od parking garaža u centralnoj zoni Beograda (Zeleni venac - 304 parking mesta), koja se nalazi u žutoj zoni parkiranja.

Veličina potražnje za parkiranje dobijena je preuzimanjem podataka u elektronskoj formi (za parking garaže - podatke u elektronskoj formi prikuplja JKP „Parking servis“, preduzeće kojem je povereno upravljanje parking garažama).

<b>1. DA LI POSLODAVAC SNOSI TROŠKOVE OVOG PARKIRANJA?</b> 1) da    2) ne
<b>2. ZAŠTO STE SE OVDE PARKIRALI:</b> 1) stanovanje    2) kupovina    3) rad    4) rekreacija 5) poslovno    6) privatni posao    7) ostalo
<b>3. DA LI STE PRE DOLASKA U GARAŽU TRAZILI PARKING MESTO NA ULICI?</b> 1) ne 2) da, do 5 min. 3) da, 5 do 10 min. 4) da, duže od 10 min.
<b>4. ZAŠTO STE TRAZILI MESTO NA ULICI?</b> 1) niža cena 2) bliže je cilju putovanja 3) jednostavnija vožnja i manevisanje 4) ostalo
<b>5a. DA JE CENA PARKIRANJA U ŽUTOJ ZONI:</b> na UF: 80 din. u G u središnjem delu dana (npr. od 11č. do 17č.): 100 din. u G u ostalom periodu: 50 din.
<b>VI BISTE:</b> 1) parkirali na ulici 2) parkirali u garaži u središnjem delu dana 3) parkirali u garaži u ostalom periodu 4) parkirali na obodu zone 5) došli javnim prevozom ostalo

Slika 1: Primer anketnog obrasca

Odnos korisnika prema ceni parkiranja dobijen je anketiranjem. U anketi su korisnicima predstavljani hipotetički scenariji u kojima je su navedene različite cene parkiranja u parking garažama i na uličnim parkiralištima i od njih je traženo da kažu šta bi radili u svakoj od ponuđenih situacija. Scenariji su predviđali linearnu cenu parkiranja na uličnim parking mestima a u parking garaži ili linearnu cenu ili kombinaciju dve cene – višu u vršnom periodu (od 11 do 17 časova) i nižu u vanvršnom periodu (ostatku dana). Pritom je cena parkiranja na uličnim parkiralištima uvek bila veća ili jednaka ceni parkiranja u vanvršnom periodu u parking garaži. Osim

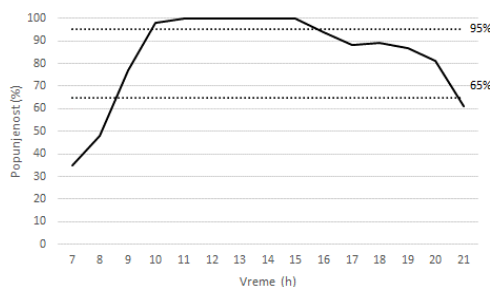
ponuđenih scenarija, anketom su prikupljeni i drugi pokazatelji (da li poslodavac plaća parkiranje – da bi se eliminisali korisnici na koje cena parkiranja nema direktan uticaj; motiv parkiranja – da bi se utvrdilo da li su neki motivi osetljiviji na cenu i spremniji da promene vreme realizacije putovanja; da li su pre dolaska u garažu korisnici tražili parking mesto na ulici i zbog čega). Primer anketnog obrasca dat je na slici 1.

## 5. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

U posmatranoj garaži u trenutku istraživanja u primeni je bila jedna vrsta progresivne tarife (prvi sat 75 dinara a svaki sledeći 90 dinara). S obzirom na malu razliku u ceni i da je samo prvi sat jeftiniji dok se za sve ostale naplaćuje linearna tarifa može se smatrati da je u upotrebi linearna tarifa.

Istraživanjem je utvrđeno da je popunjenost parking garaže u periodu od 00 do 07 časova jako niska i iznosi oko 25%. U ovom periodu parkiranje na uličnim parking mestima je besplatno bez vremenskog ograničenja (radnim danima režim važi od 07č do 21č, Tačka 2), a u parking garažama se parkiraju uglavnom stanovnici uticajne zone pa se može pretpostaviti da nikakve mere (pa ni besplatno parkiranje ne bi značajnije uticale na povećanje popunjenosti parking garaža. Osim toga, većina sadržaja koja zonu čini atraktivnom ima radno vreme između 07 i 21 čas. Imajući u vidu navedeno, u daljoj analizi popunjenosti uzet je period od 07 do 21 čas, odnosno, period atraktivnosti.

Popunjenost parking garaže raste sa početkom perioda atraktivnosti da bi u 10 časova dosegla vrednost blizu 100% koja se održava na tom nivou do 15 časova nakon čega opada kako se približava kraj perioda atraktivnosti, Slika 2.



Slika 2: Popunjenost garaže pri linearnoj ceni parkiranja

U skladu sa dobijenim rezultatima, period atraktivnosti je podeljen na period srednje atraktivnosti (period rasta atraktivnosti od minimalne do maksimalne i period opadanja atraktivnosti od maksimalne do minimalne) i period maksimalne atraktivnosti (period u kojem je popunjenost jednaka ili veća od usvojene gornje granice - 95%). Za posmatranu garažu maksimalna atraktivnost se javlja u periodu između 10č i 16č, ostatak perioda između 07č i 21č (od 07č do 10č i od 16č do 21č) je period srednje atraktivnosti.

Preterana popunjenost u periodu maksimalne atraktivnosti i slabije iskorišćenje u periodu srednje atraktivnosti (posebno u jutarnjim satima) ukazale su da linearna cena parkiranja ne daje dovoljno dobro rezultate. Imajući to u vidu ispitano je kako bi se korisnici ponašali da je u periodu maksimalne atraktivnosti viša cena u odnosu na period srednje atraktivnosti, odnosno, da li bi deo korisnika bio spreman da promeni vreme realizacije putovanja i ispostavi zahtev za parkiranje u periodu kada ima slobodnih parking mesta u garaži (period srednje atraktivnosti). Imajući u vidu da korisnici sa različitim motivima imaju različit odnos prema visini cene parkiranja (Simićević i ostali, 2012) i činjenicu da neki motivi imaju fiksno vreme realizacije (na primer motiv „rad“) ispitano je i koji korisnici bi bili spremniji da promene ponašanje.

Rezultati su pokazali da bi oko 24% korisnika koji su se parkirali u vršnom času bilo spremno da parkira u periodu kada je cena niža. Od tih korisnika oko 68% je imalo motiv „privatan posao“ (Tabela 1) što se može tumačiti time da je to motiv za koje korisnik uglavnom sam bira vreme realizacije.

Tabela 1. Raspodela korisnika koji bi promenili vreme realizacije parkiranja prema motivu

Motiv	kupovina	rad	rekreacija	poslovno	privatan posao
Učešće (%)	0	11	6	15	68

Interesantno je da niko od korisnika sa motivom „kupovina“ ne bi odustao od parkiranja u vršnom satu. Ovo se može tumačiti time da je vrednost kupovine koju korisnici obavljaju takva da cena parkiranja u odnosu na nju nema veliki značaj.

Deo korisnika kojima ne bi odgovarala nova cena parkiranja u garaži (oko 25%) parkirao bi se na uličnim parking mestima u okolini garaže ili na obodu zone a deo bi došao alternativnim načinom prevoza, Tabela 2.

Tabela 2. Raspodela korisnika koji ne bi parkirali u garaži prema alternativama

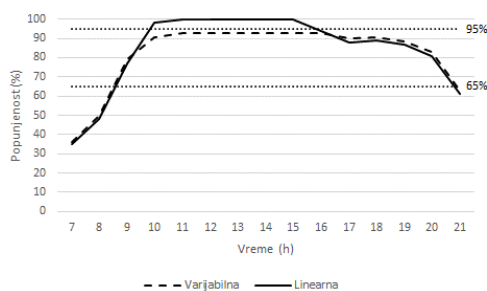
Alternativa	UF zona	UF obod	JGTP	Taksi	Odustaje od dolaska
Učešće (%)	73	4	14	8	0

Izuzetno visok procenat onih koji bi se umesto u garaži parkirali na uličnim parking mestima ukazuje na to da je neophodno istovremeno upravljati parkiranjem i u garažama i na uličnim parking mestima. Ono što je pozitivno je da bi deo korisnika odustao od korišćenja putničkog automobila za dolazak u zonu što bi smanjilo potražnju za parking mestima a takođe i rasteretilo dinamički

saobraćaj. Osim toga, nijedan od korisnika se nije izjasnio da bi odustao od putovanja što znači da primenjene mere ne bi imale negativan uticaj na funkcionisanje sadržaja u zoni.

Deo korisnika (oko 15%) koji se u postojećem stanju parkira u vanvršnom periodu bi se u slučaju primene varijabilne cene parkirao u periodu maksimalne atraktivnosti (uglavnom korisnici sa motivima „poslovno“ i „kupovina“). Ovi korisnici su iskazali najmanju osetljivost na cenu, a nisu se u postojećem stanju parkirali u vršnom periodu jer teško pronalaze slobodno parking mesto.

Popunjenost parking garaže nakon raspoređivanja zahteva za parkiranje u toku dana prema iskazanim preferencijama prikazana je na Slici 3.



Slika 3. Popunjenost garaže pri linearnoj i varijabilnoj ceni parkiranja

Popunjenost parking garaže u periodu maksimalne atraktivnosti pri varijabilnoj ceni bi bila u granicama željenog opsega. U periodu srednje atraktivnosti popunjenost je i u postojećem stanju uglavnom bila u granicama željenog opsega pa bi varijabilna cena samo doprinela da se u tom periodu poboljša iskorišćenje.

U radu je ispitan odnos prema ceni i reakcija samo korisnika koji su se parkirali u parking garaži. Za očekivati je da bi se i deo korisnika koji se u postojećem stanju parkiraju na uličnim parking mestima u neposrednoj okolini garaže, uvođenjem adekvatne cene parkiranja na ulici, opredelio za korišćenje parking garaže preventivno se misli na korisnike koji se

parkiraju u periodu srednje atraktivnosti. Prikazani rezultati pokazuju da primena različitih cena parkiranja u različitim periodima atraktivnosti daje efikasnije rezultate od cene koja je ista bez obzira na period atraktivnosti.

## 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Potražnja za parkiranje koja je znatno veća od broja parking mesta u visoko atraktivnim gradskim zonama (a posebno u centralnim gradskim zonama) i neravnoteža između korišćenja različite strukture parking mesta (preterano iskorišćenje uličnih parking mesta i nedovoljno iskorišćenje vanuličnih kapaciteta, a posebno parking garaža) ukazuje na neophodnost upravljanja popunjenošću kapaciteta za parkiranje.

Cena parkiranja je parametar koji ima najveći uticaj na popunjenost parking garaža. U situaciji kada se naplata parkiranja u parking garažama vrši 24 sata dnevno a na uličnim parking mestima samo u toku perioda atraktivnosti (od 07 do 21 čas), cenom parkiranja se može upravljati samo u periodu atraktivnosti. Rezultati istraživanja ukazuju na to da se jednom, jedinstvenom cenom parkiranja popunjenost parking garaža ne može održavati u željenom opsegu.

U ovom radu je analiziran potencijalni efekat uvođenja vremenski promenljive cene parkiranja u toku dana u parking garažama u cilju dostizanja željenog nivoa popunjenosti.

Rezultati su pokazali da bi za dostizanje željene popunjenosti različita cena parkiranja u različitim intervalima perioda atraktivnosti dala znatno bolje rezultate od jedinstvene cene koja je u praksi primenjena.

Da bi primena vremenski promenljivih cena dala pun efekat neophodan je aktivni monitoring popunjenosti, broja realizovanih zahteva za parkiranje, odnosa potencijalnih korisnika parking garaže

prema ceni parkiranja. Ako se jave odstupanja od željenih vrednosti u dužem vremenskom periodu od unapred definisanog (npr. 45 časova mesečno u toku tri uzastopna meseca, Putnik, 2007.) tada treba izvršiti korekciju cena u skladu sa novim uslovima. Osim toga, neophodno je integrisano upravljanje ukupnom strukturom za parkiranje u zonama visokog stepena atraktivnosti (odnos cene parkiranja na uličnim i vanuličnim parkiralištima i parking garažama) kao i efikasan sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju.

#### LITERATURA

- [1] Arbatskaya, M., Mukhopadaya, K., Rasmusen, E., 2006., The parking lot problem, Available at SSRN571101,
- [2] D'Acerno, L., et al., 2006., Optimization model for the urban parking pricing, Transport policy journal, Vol. 13, 34-48
- [3] Litman, T., 2010., Parking pricing implementation guidelines, Victoria transport policy institute
- [4] Milosavljević, N. (2010). "Parkiranje [Parking]." Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, udžbenik
- [5] Pierce, G., Shoup, D.C., 2013., Getting the prices right: An evaluation of pricing parking by demand i San Francisko. Journal of the American Planning Association, Volume 79, Number 1, Winter 2013.
- [6] Putnik, N., 2007., Autobaze i autostanice, Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet, udžbenik
- [7] Shoup, D.C., 2006., Cruising for parking, Transport Policy 13 (6), 479–486.
- [8] Shoup, D.C., 2004., The Ideal Source of Local Public Revenue, Regional Science and Urban Economics 34 (6), 753-784
- [9] Shoup, D.C., 2005., The High Cost of Free Parking, Journal of Planning Education and Research 17 (1), 3-20
- [10] Simićević, J., Milosavljević, N., et al., 2012., Defining parking price based on users attitudes, Transport Policy 23, 70-78
- [11] Verhoef, E., et al., 1995. The economics of regulatory parking policies: The (im)possibilities of parking policies in traffic regulation. Transportation Research Part A: Policy and Practice 29 (2), 141–156.

#### SUMMARY

### THE EFFECT OF A VARIABLE PARKING PRICE AT THE TIME SCHEDULE OF REQUEST FOR PARKING IN THE PARKING GARAGES

**Abstract:** *Parking demand changes during the day (it grows and decreases according to the attractiveness of the zone). With a unique parking price during the day, the capacity of parking spaces can not be brought to the desired level.*

*This paper examined the possibility of applying a variable price parking in the parking garages during the day. The results showed that users with certain parking motives are more sensitive to the price and show willingness to change the time of travel realization, that is, to park in periods when the price is lower. This ensures even more efficient utilization of capacities during the day. In addition, the negative effects on the local economy (which would result from the abandonment of the zone due to the high cost of parking) will be reduced and dynamic traffic will be reduced.*

**Key words:** *parking management, variable price, parking motives, users' behaviour change*

# MERE ZA POBOLJŠANJE NAPLATE DNEVNIH KARATA – STUDIJA SLUČAJA

**Marjana Radosavljević, JKP „Parking servis“ - Niš, marjana.radosavljevic@nisparking.rs**

**Dušan Radosavljević, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš**

**Rezime:** Rešavanje problema parkiranja je kompleksan zadatak svih gradova i njemu se mora ozbiljno i sistemski pristupati. Preduslov za uspešno upravljanje parkiranjem jeste efikasno funkcionisanje kontrole i sankcionisanja prekršaja. Postoje dve vrste prekršaja u parkiranju i to prekršaji nastali usled nepoštovanja definisanog režima parkiranja i prekršaji nastali nepropisnim parkiranjem na mestima na kojima parkiranje nije dozvoljeno. Za sankcionisanje korisnika koji ne poštuju režim parkiranja zadužena je služba kontrole u okviru preduzeća kome je povereno upravljanje parkiranjem. Služba kontrole sankcioniše korisnike koji ne poštuju definisani režim parkiranja izdavanjem naloga za plaćanje dnevne karte. Sankcionisani korisnik je dužan da nalog realizuje u roku od osam dana. Prilikom realizacije izdatih naloga za plaćanje dnevnih karata upravljač parkiranjem se susreće sa nizom problema. Problemi su: etička načela, životni standard, identifikacija korisnika, korisnici sa registarskim oznakama stranih država, plaćanje PDV-a i dr. Cilj rada je da se prikažu mere za poboljšanje naplate dnevnih karata i primer dobre prakse. U radu je predstavljena studija slučaja JKP „Parking servis“ - Niš.

**Ključne reči:** parkiranje, kontrola, sankcionisanje prekršaja, dnevna karta

## 1. UVOD

U cilju rešavanja problema parkiranja gradovi u Srbiji sprovode različite politike parkiranja. Najčešće je to uvođenje restriktivnog režima sa vremenskim ograničenjem i naplatom parkiranja. Uvođenjem režima parkiranja mogu se postići pozitivni efekti ukoliko se vozači pridržavaju propisa, pa je neophodno da se vrši kontrola i sankcionisanje prekršaja. Prekršaji u parkiranju mogu biti:

- prekršaji usled nepoštovanja definisanog režima parkiranja i
- prekršaji usled parkiranja na mestima gde parkiranje nije dozvoljeno.

Za sankcionisanje prekršaja nastalih zbog nepoštovanja režima parkiranja zadužena je služba kontrole u okviru preduzeća kome je poverena komunalna delatnost upravljanja parkiranjem. Za sankcionisanje prekršaja nastalih kao

posledica parkiranja na mestima gde nije dozvoljeno zadužene su saobraćajna policija, komunalna inspekcija i/ili komunalna policija.

Cilj ovog rada je da ukaže na značaj kontrole i sankcionisanja prekršaja u parkiranju. Predstavljene su mere sankcionisanja vozača i na primeru grada Niša i JKP „Parking servis“ Niš predstavljen je način izdavanja i naplate dnevnih karata. Predstavljene su mere i rezultati mera koje je JKP „Parking servis“ primenio kako bi povećao realizaciju naplate dnevnih karata.

## 2. KONTROLA I SANKCIONISANJE PREKRŠAJA U PARKIRANJU

Kontrola prekršaja u parkiranju služi da korisnike parkirališta sankcioniše na primeren način, kako bi se ponašali prema odrednicama politike upravljanja parkiranjem. Smanjenjem broja prekršaja

ostvaruju se visoki efekti upravljanja parkiranjem [1].

Sistem kontrole i sankcionisanja prekršaja na mestima za parkiranje na kojima važi neki od restriktivnih režima parkiranja zavisi od: načina naplate parkiranja, karakteristika opreme za naplatu parkiranja i obezbeđivanja uslova za funkcionisanje svih predviđenih načina naplate.

### **2.1. Načini naplate parkiranja**

Korisnici parkirališta uslugu parkiranja mogu da plate na sledeće načine:

- naplata parkiranja putem parking karata,
- naplata parkiranja putem mobilnog telefona, slanjem SMS poruka i
- naplata parkiranja putem pretplatnih karata.

Parking karta se kupuje na prodajnim mestima, rok važenja parking karte je neograničen odnosno dokle god se cena parkiranja ne promeni. Na karti su označene godine, meseci, dani, časovi i petnaestominutni intervali. Korisnik evidentira datum i vreme početka parkiranja i kartu postavlja je na vidno mesto u vozilu.

Korisnici mobilnog telefona mogu izvršiti plaćanje usluge parkiranja slanjem SMS poruke preko GSM mreže. Kada korisnik parkira vozilo u zonu restriktivnog režima potrebno je da pošalje SMS poruku operateru. Poruka sadrži registarsku oznaku vozila. Server operatera u najkraćem roku potvrđuje prijem poruke korisniku, takođe, SMS porukom. Poruka sadrži broj parking karte, registarsku oznaku vozila, vreme važenja karte, zonu restriktivnog režima na koju se karta odnosi i cenu usluge parkiranja. Neposredno pre isteka vremena zadržavanja operater korisnika dodatno obaveštava o vremenu isteka važenja

parking karte. Ovaj način naplate usluge parkiranja je više zastupljen u odnosu na način naplate putem parking karata koje se kupuju na prodajnim mestima.

Za potrebe korisnika koji su pravna lica i čije sedište firme se nalazi u zoni restriktivnog režima na raspolaganju je način naplate usluge parkiranja putem kupovine pretplatne karte. Pretplatne karte se izdaju sa rokom važenja od mesec dana ili jedne godine i odnose se na jedno vozilo, a važi za bilo koje parking mesto koje se nalazi u okviru zone restriktivnog režima.

### **2.2. Način rada kontrolora i sankcionisanje prekršaja u parkiranju**

Kontrolor parkiranja je zadužen da proverava da li je usluga parkiranja plaćena za vozila koja su parkirana na regulisanim parking mestima u zoni restriktivnog režima. Za kontrolu načina naplate putem parking karte kupljene na prodajnom mestu kontrolor vizuelno proverava da li se u vozilu nalazi parking karta i da li je ona uredno popunjena. Za proveru naplate parkiranja putem SMS-a i putem pretplatnih karata kontrolori koriste prenosive digitalne uređaje za rad na terenu (*Personal Digital Assistant*, u daljem tekstu PDA). Uz pomoć PDA uređaja kontrolor preko rutera GPRS mrežom šalje registarsku oznaku vozila serveru za komunikaciju koji se nalazi u Službi za kontrolu parkiranja i proverava da li je korisnik usluge parkiranja kupio kartu odnosno utvrđuje da li je korisnik načinio prekršaj. Ukoliko korisnik načini prekršaj: ne kupi parking kartu, kupljenu kartu na propisan način neponišti, ne produži parkiranje kupovinom nove parking karte ili vozilom ne napusti zonu restriktivnog režima nakon isteka vremenskog ograničenja, kontrolor parkiranja takvom



korisniku izdaje dnevnu kartu, takođe, koristeći PDA uređaj.

### **2.3. Dnevna karta i načini za naplatu dnevnih karata**

Dnevna karta predstavlja način sankcionisanja korisnika parkirališta koji ne poštuje propisane mere naplate usluge parkiranja u zoni restriktivnog režima. Dnevnu kartu izdaje kontrolor parkiranja, nakon utvrđivanja prekršaja koji je načinio korisnik parkirališta. Dnevna karta se dostavlja postavljanjem na vetrobransko staklo vozila i o tome se sačini foto dokumentacija. Dnevna karta ima rok važenja 24 časa od trenutka izdavanja i može se koristiti u zoni restriktivnog režima.

Po dobijanju dnevne karte korisnik parkirališta je u obavezi da istu plati u roku od osam dana od dana izdavanja. Ukoliko korisnik parkirališta nakon isteka predviđenog roka ne plati dnevnu kartu vlasniku vozila se dostavlja opomena za plaćanje dnevne karte. Podaci o vlasniku vozila se preuzimaju iz jedinstvene baze registrovanih vozila Ministarstava unutrašnjih poslova Republike Srbije (u daljem tekstu MUP).

Preduzeća kojima je poverena delatnost upravljanja parkiranjem imaju problem da pristupe jedinstvenoj bazi registrovanih vozila. Dužni su da zahtevom od MUP-a zatraže podatke o vlasnicima vozila čiji korisnici nisu izmirili dugovanja. MUP preduzeću koje upravlja parkiranjem dostavlja podatke o vlasnicima vozila po službenoj dužnosti. MUP zadržava pravo da za neka vozila ne dostavi podatke o vlasnicima. Broj nerealizovanih zahteva za dostavljanje podataka o vlasnicima vozila može biti do 10%. Korisnici parkirališta za čija vozila nije moguće dobiti podatke iz jedinstvene baze registrovanih vozila načine najveći broj prekršaja. Ovu grupu

korisnika čine vozila zaštićena od strane MUP-a kao i vozila registarskih oznaka stranih država. Ukoliko korisnik ili vlasnik vozila ne izmire dugovanje po osnovu dnevnih karata nakon uručjenja opomene započinje se postupak prinudne naplate.

Do 2012. godine postupak prinudne naplate vršio je nadležni sud. U tom periodu je veliki broj predmeta dodeljivan jednom sudskom izvršitelju što je prouzrokovalo čekanje na realizaciju više od jedne godine. Većina preduzeća je sudu slala samo predmete u kojima je bio veći broj dnevnih karata. Da bi izbegli postupak prinudne naplate vlasnike vozila sa manjim brojem dnevnih karata više puta bi upozoravali opomenama pred utuženje. Sve ovo je rezultiralo lošu naplatu dnevnih karata u većini gradova u Republici Srbiji. Donošenjem Zakona o izvršenju i obezbeđenju maja 2012. godine uvodi se postupak naplate potraživanja putem javnih izvršitelja [2]. Angažovanjem javnih izvršitelja postupak naplate potraživanja po osnovu dnevnih karata se znatno ubrzava što je rezultiralo povećanjem stepena naplate dnevnih karata.

### **3. STUDIJA SLUČAJA - GRAD NIŠ**

Grad Niš i JKP Parking servis Niš se bave rešavanjem problema parkiranja od maja 2007. godine. Tada je uveden režim sa vremenskim ograničenjem i naplatom parkiranja. Definisane su dve zone sa restrektivnim režimom parkiranja na oko 3000 parking mesta koja su locirana na parkiralištima i uličnim frontovima [3].

Svakog dana u Nišu uslugu parkiranja koristi preko 7000 vozača. Takođe, svakog dana prosečno se izda oko 250 dnevnih karata korisnicima parkirališta koji su načinili prekršaj. Na mesečnom nivou broj korisnika se kreće oko 170.000, a broj dnevnih karata prestigne broj od 5000. Od svih izdatih dnevnih karata do 20% se

poništi nakon pozitivnog rešavanja reklamacionog zahteva [4].

### **3.1. Naplata dnevnih karata izdatih u periodu od 2008. do 2013. godine**

Upravljanje parkiranjem na teritoriji grada Niša povereno je JKP „Parking servis“- Niš 2006. godine. Preduzeće je ovim poslom uspešno počelo da se bavi sredinom 2007. godine primenom Studije stacionarnog saobraćaja grada Niša koju je za potrebe Grada izradio Institut saobraćajnog fakulteta. Građanima je putem medija i u realizovanim kampanjama predstavljen koncept „Da uvek bude slobodnog mesta“ sa čijom porukom JKP Parking servis Niš i danas živi [5]. Korisnici usluge parkiranja su prepoznali napore da se Grad Niš uređenjem ove komunalne delatnosti stavlja u ravnopravan položaj sa gradovima Evrope. Broj korisnika usluge parkiranja je beležio značajan rast svake godine sa ciljem da se u 2018. godini dostigne broj od tri miliona uspešno realizovanih usluga parkiranja. Na drugoj strani broj korisnika parkiranja koji čine prekršaje za koje su izdate dnevne karte je tokom ovog perioda beležio blagi rast što predstavlja veliki uspeh ovog komunalnog preduzeće. Broj izdatih dnevnih karata je na godišnjem nivou oko pedeset hiljada (primer Tabela 1), a od tog broja čak 41% je uspešno naplaćeno u prvoj godini poslovanja. U periodu koji sledi od 2008. do 2012. godine broj izdatih dnevnih karata zadržava trend dok realizacija naplate beleži pad od 36% u 2009. godini, preko 33% u 2010. godini do svega 25% u 2012. godini.

U julu 2013. godine JKP Parking servis je pet godina nakon primene Studije stacionarnog saobraćaja za Grad Niš analizirao efekte uvedenih mera. Tom prilikom je utvrđen trend pada realizacije naplate dnevnih karata. U julu 2013.

godine je bilo naplaćeno svega 25% izdatih dnevnih karata u 2012. godini. JKP Parking servis Niš je video ovaj podatak kao „alarm“ da može doći do ugrožavanja vitalne funkcije preduzeća i da ukoliko se trend nastavi to otežava dalje poslovanje.

*Tabela 1: Broj izdatih dnevnih karata u periodu od 2008. do 2012. godine i naplaćenih do jula 2013. godine*

<b>godina</b>	<b>br.izdatih 2008-2012</b>	<b>br.naplaćenih do jula 2013</b>	<b>Realizacija %</b>
<b>2008</b>	51612	20966	41
<b>2009</b>	55590	19759	36
<b>2010</b>	49745	16658	33
<b>2011</b>	48564	12999	27
<b>2012</b>	56122	14049	25

Odgovornost za slabu realizaciju ide svakao na teret JKP „Parking servis“. Takođe, slaba realizacija naplate dnevnih karata može biti uzrok administrativnog uređenja ali i dnevne politike.

Analizom i obradom podataka došlo se do zaključka da je ovako nizak procenat naplaćenih dnevnih karata posledica različitih faktora od koji se izdvajaju:

- dugo vreme čekanja za dobijanje podataka od MUP-a,
- podatke koje MUP dostavi nisu kompletni ili tačni i potrebno je naknadno proveravanje dobijenih podataka,
- ponovljeni postupak slanja opomena za iste dnevne karte kako bi se izbegao postupak prinudne naplate,
- prinudna naplata koju je realizovao sud je bila spora i neefikasna,
- stav korisnika sa velikim brojem dnevnih karata da iste ne moraju biti plaćene, što je dovelo do porasta broja korisnika koji imaju više doplatnih karata,
- nemogućnost prikupljanja podataka o korisnicima usluge parkiranja sa

registarskim oznakama stranih država i sl.

Loša realizacija naplate dnevnih karata koja je posledica navedenih faktora ima dvostruko negativno dejstvo na poslovnu politiku preduzeća i ogleda se u sledećem: da je za svaku izdatu dnevnu kartu neophodno platiti PDV za obračunski period kada je karta izdata i da je povećan broj korisnika parkirališta koji čine prekršaje uz meru sankcionisanja koja se otežano realizuje. Nakon svega prikazanog JKP Parking servis je doneo odluku da je neophodno preduzeti niz mera koje bi imale za cilj da se poboljša procenat realizacije naplate dnevnih karata.

### **3.2. Mere za poboljšanje naplate dnevnih karata**

Analiza je pokazala da je najveći problem dug vremenski period koji prođe od trenutka kada korisnik parkirališta napravi prekršaj do trenutka kada doplatna karta bude naplaćena.

Podstreknuti rezultatima analize rukovodstvo JKP „Parking servis“ Niš je donelo odluku o intenzivnijoj saradnji sa javnim izvršiteljima i tom prilikom je potpisan ugovor sa više novih javnih izvršitelja. Sva nedospela potraživanja su prepuštena javnim izvršiteljima i donešena je odluka da se svaki korisnik parkirališta koji ima dnevnu kartu i kome je protekao rok za plaćanje nakon prijema opomene o izdatoj doplatnoj karti preda na izvršenje naplate preko javnog izvršitelja.

Dodatne aktivnosti su usmerene na prikupljanje podataka i formiranje baze korisnika parkirališta. Pokrenuta je intenzivnija saradnja sa MUP-om na dostavljanju podata o novim korisnicima parkirališta. U 2014. godini je potpisan ugovor sa MUP-om kojim je obezbeđen pristup jedinstvenoj bazi registrovanih vozila Republike Srbije. Ovim ugovorom je

omogućeno dnevno ažuriranje baze i prikupljanje podataka o novim korisnicima. Krajem 2013. godine je sklopljen ugovor sa privrednim društvom koje pruža usluge naplate potraživanja za korisnike sa registarskim oznakama drugih država.

Početakom 2015. godine potpisan je Ugovor sa Javnim preduzećem Pošte Srbije po kome se Pošte Srbije obavezuje da opomenu za plaćanje dnevne karte dostavi vlasniku vozila sa potvrdom o uručenju. Opomene za plaćanje dnevne karte JKP „Parking servis“ dostavlja Javnom preduzeću Pošte Srbije elektronskim putem. Ovim tehničkim rešenjem se dobilo na brzini i na efikasnijem uručenju opomena za plaćanje dnevnih karata. U tabeli 2 prikazani su podaci o broju izdatih i naplaćenih dnevnih karata u periodu od 2008. godine do 2017. godine.

*Tabela 2: Broj izdatih dnevnih karata u periodu od 2008. do 2017. godine i naplaćenih do jula 2018. godine*

God.	Broj izdatih dnevnih karata	Naplaćene dnevne karte do jula 2013		Naplaćene dnevne karte do jula 2018	
		Broj	%	Broj	%
<b>2008</b>	51612	20966	41	30182	58
<b>2009</b>	55590	19759	36	29941	54
<b>2010</b>	49745	16658	33	25318	51
<b>2011</b>	48564	12999	27	26085	54
<b>2012</b>	56122	14049	25	27909	50
<b>2013</b>	82607	/	/	50738	61
<b>2014</b>	82938	/	/	51751	62
<b>2015</b>	70775	/	/	51006	72
<b>2016</b>	64383	/	/	51511	80
<b>2017</b>	61660	/	/	49192	80

Prikazana tabela nedvomislno pokazuje da je u periodu od poslednjeg istraživanja do jula 2018. godine postignut značajan uspeh. Uvedene mere su povećale realizaciju naplate u periodu od 2008. do 2012. godine za više od 20% za svaku godinu, a za 2011. realizacija naplate

dnevnih karata je povećana sa 27% na 54%. U godinama koje su sledile nakon uvođenja mera se dostiže cilj koji je pre uvođenja mera izgledao nedostižan. Realizacija naplate dnevnih karata je u 2013. i 2014. godini bila 62%, a u 2015. odličnih 72%.

Jedno tehničko rešenje koje je doprinelo značajnoj naplati dnevnih karata predstavlja uvođenje mogućnosti plaćanja dnevnih karata putem slanja SMS poruke. Ovo tehničko rešenje je krenulo sa primenom marta 2016. godine, a rezultati ove mere su doprineli da realizacija naplate dnevnih karata u 2016. i 2017. godini bude 80%. Očekivanja su da do kraja 2018. godine naplata dnevnih karata izdatih u 2017. godini dostigne 90%. U 2016. godini 5% ukupnog broja poruka bio je plaćen slanjem SMS poruke, dok je taj procenat u 2017. godini bio 10,5 %.

#### 4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Primenom mera JKP „Parking servis“ Niš je uspeo da stepen naplate dnevnih karata uveća i postane grad u Republici Srbiji sa najvećim stepenom naplate. Procenat naplate dnevnih karata u Republici Srbiji je od 20% do 60%. Takođe, uvedene mere su uticale i na menjanje svesti korisnika parkirališta koji već

poseduju dnevne karte, povećan je stepen naplate dnevnih karata u periodu do osam dana nakon izdavanja. Mogućnost plaćanja dnevnih karata slanjem SMS poruke uticao je na povećanje broja plaćenih dnevnih karata koje su izdate i plaćene u istom mesecu. Sve ovo ukazuje da su mere koje se primenjuju u Nišu dale pozitivne rezultate i da treba nastaviti sa primenom istih kako bi se pozitivan trend zadržao.

#### LITERATURA

- [1] Milosavljević, Nada. 1997. Parkiranje Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [2] Zakona o izvršenju i obezbeđenju, "Sl. glasnik RS", br. 31/2011 i 99/2011 - dr. Zakon.
- [3] Studija stacionarnog saobraćaja u Nišu (2007), Saobraćajni fakultet.
- [4] Radosavljević, M. (2012), Definisane sektora za kontrolore u zonama sa restriktivnim režimom parkiranja, X međunarono savetovanje saobraćajnih inženjera TES 2012, Subotica.
- [5] Radosavljević D. (2010) Analiza efekata uvođenja režima vremenskog ograničenja trajanja parkiranja u centralnu zonu grada Niša, TES 2010, Subotica.

#### SUMMARY

### MEASURES FOR THE IMPROVEMENT OF DAILY FARES CHARGING-CASE STUDY

**Abstract:** *Solving parking problems is a complex task for all cities and must be seriously and systematically accessed. The precondition for successful parking management is the effective functioning of control and sanctioning offenses. There are two types of parking violations, and these offenses have resulted from the failure to comply with a defined parking regime and offenses caused by improper parking in places where parking is not allowed. In order to sanction users who do not comply with the parking regime, the control service is in charge of the company entrusted with parking management. The control service sanction users who do not respect the defined parking regime by issuing a payment order for a daily ticket. The sanctioned user is obliged to*

*implement the order within eight days. In the execution of issued orders for payment of daily tickets, the parking manager encounters a series of problems. Problems are: ethical principles, standard of living, user identification, users with foreign country registration marks, VAT payment, etc. The aim of the paper is to show measures for improving the collection of daily tickets and a good practice example. This paper presents a case study of PE "ParkingService" Nis.*

**Key words:** *parking, control, sanctioning offense, daily ticket*

# PARK-AND-RIDE POLITIKA: MERA UPRAVLJANJA PARKIRANJEM U LOKALNOJ SAMOUPRAVI

Vladimir Molan, Saobraćajni fakultet, Beograd, vladimir.molan@gmail.com

**Rezime:** Propisivanje vremenskih ograničenja i novčanih nadoknada za korišćenje uličnih parking prostora, uvođenje različitih administrativnih i zakonskih regulacija, sprovođenje tehničkih intervencija i utvrđivanje različitih kriterijuma i uslova za izgradnju vanuličnih (multimodalnih) parking objekata su neki od instrumenata upravljanja koje lokalne samouprave koriste u cilju unapređenja urbanističke, transportne, socio-ekonomske i ekološke situacije područja. Park-and-ride koncept je moguća tehnološka mera koja proces masovnog parkiranja na području najveće koncentracije gradskih aktivnosti i ekonomski najpoželjnijeg prostora teži da premesti na margine centralne zone ili grada, pritom nudeći korisnicima alternative u realizaciji putovanja. Park-and-ride je kompleksan način transporta, ali ga je moguće posmatrati i samostalno kao deo parking pod sistema i politike parkiranja jednog grada. Cilj rada je definisanje njegove uloge kao dela rešenja problema parkiranja gradskog centra, a osim predstavljanja predmetnog sistema, rad nudi i diskusiju o osnovnim uslovima za njegovu implementaciju.

**Ključne reči:** upravljanje parkiranjem, parking politika, park-and-ride, lokalna samouprava

## 1. UVOD

Parkiranjem, kao delom transportnog sistema, i multidisciplinarnom pojavom koja svojim implikacijama intenzivno oblikuje životni prostor i utiče na čitavu zajednicu, je u određenom momentu neophodno upravljati, kao i, uostalom, svim neizvesnim i velikim sistemima. Konceptualne promene u planerskoj i upravljačkoj svesti su prethodnih decenija napustile princip obezbeđivanja ponude opštoj korisničkoj potražnji (parking za svakoga). Politika predviđanja i novogradnje novih parking kapaciteta je napuštena zbog njene očigledne neodrživosti, a zamenjena je težnjom ka efektivnom upravljanju svim značajnim aspektima koji definišu parking pojavu jednog područja. Novi kapaciteti indukuju nove transportne zahteve, dok je u skladu sa politikom održivog razvoja raspoloživ urbani prostor namenjen ekološki

prihvatljivijim idejama. Danas, racionalne lokalne samouprave moraju da prihvate nov koncept upravljanja parking zahtevima (*parking demand management*) u visokoatraktivnim delovima gradova, dok raspoložive kapacitete (ukoliko ih čak i ne smanjuju) najpre nude *kvalifikovanoj* potražnji.

Poslednjih decenija parkiranje dobija važnost u urbanom planiranju jer posedovanje privatnog vozila raste, dok gradski prostor postaje sve manje raspoloživ resurs [1]. Najznačajniji faktor koji u najširem smislu doprinosi pojavi problema parkiranja je urbanizacija. Usled trenda njenog stalnog porasta i usled tehnološko-ekonomskog razvoja, zahtevi za ostvarivanjem željenog načina života i povećana potrošnja su doveli do pojava kao što su porast motorizacije, porast individualne mobilnosti kao i do značajnog oslanjanja ljudi na komfor i relativnu efikasnost korišćenja automobila.



Sličan društveni trend je svakako prisutan i u Srbiji. Veća mesta i gradovi su pod jakim uticajem stihijske urbanizacije usled čega će do 2050. skoro 70% stanovnika države živeti u urbanim područjima<sup>10</sup>. Uzimajući u obzir navedenu prognozu opravdano je pretpostaviti da će pod dejstvom migracija doći do povećanja broja zahteva ka transportnoj infrastrukturi sa značajnim implikacijama na parking podsistem centralnih (istorijskih) gradskih područja, ali i na njihovu opštu transportnu i životnu sliku.

Prema istraživanju [2], gradovi i naseljena mesta u Srbiji, suočeni sa problemima parkiranja, se ipak okreću njihovom rešavanju ili barem ublažavanju, odnosno opredeljuju se za specifičnu politiku parkiranja. Značajna većina (85%) od analiziranih gradova na neki način pokušava da upravlja ovim procesom.

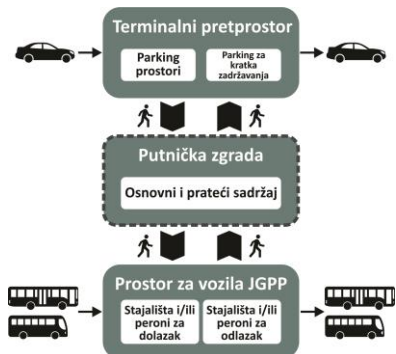
Jedna specifična mera može da predstavlja i stanovište po kojem parkiranje vozila ne mora da se obavlja direktno uz sam cilj putovanja (koji je vrlo često sam centar grada), već je zarad postizanja širih društvenih ušteda proces masovnog parkiranja u izvesnoj meri potrebno izmestiti sa najvrednijeg gradskog prostora i iz najopterećenijih gradskih ulica i povezati ga sa određenom alternativom putničkom automobilu – ili tzv. *park-and-ride* koncept. Radi se o posebnom elementu vanuličnog parkiranja za koji se može reći da podržava funkcionisanje *motora* jednog grada – njegove istorijske i centralne zone.

U ovom radu je diskusija o park-and-ride tehnološkom konceptu data kroz nekoliko celina: predstavljanje sistema, definisanje njegovog mesta u procesu upravljanja parkiranjem i davanje odgovora na pitanje - kada se ovaj koncept

primenjuje i šta bi mogla da bude njegova alternativa, posebno u Srbiji?

## 2. PARK-AND-RIDE KONCEPT

Park-and-ride je naziv za tehnološku formu intermodalnog i multimodalnog transporta koji podrazumeva promenu vida kretanja između privatnih i kapacitivnih vidova prevoza u cilju kompletiranja putovanja, ponudom odgovarajućeg parkirališta sa direktnim pristupom terminalima javnog masovnog gradskog prevoza [3]. Organizaciona šema osnovnog park-and-ride terminala je prikazana na slici 1. povezivanjem tri osnovne tehnološke celine, od kojih se putnička zgrada vrlo retko realizuje.



Slika 1: Opšti slučaj organizacione strukture park-and-ride terminala

Lokalne samouprave uspostavljaju ovakav tehnološki koncept kao ponudu putnicima želeći da odgovore na problem otežane pristupačnosti sadržajima centra grada usled porasta nivoa motorizacije i značajnog povećanja saobraćajnih zagušenja na ulicama. Takođe, razvoj ovakvog vida režima parkiranja mora nužno biti u tesnoj koordinaciji sa operacijama javnog masovnog prevoza putnika. Jedan od osnovnih ciljeva funkcionisanja je postizanje vremenskih i novčanih ušteda kroz transportnu integrisanost i organizaciju putovanja. Park-and-ride je dakle koncept koji podrazumeva ostavljanje automobila u

<sup>10</sup> World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

okviru pogodnog parking objekta ili površine (parking garaža ili odgovarajućeg vanuličnog parkirališta) van granica najatraktivnijeg gradskog prostora, i nastavak putovanja nekim drugim vidom transporta (ili čak pešaka). U svetu se posebno ističe ideja da bi ovakav način transporta mogao pomoći ublažavanju problema parkiranja u gradovima, a na osnovu opšteg stava da terminali vanuličnog parkiranja predstavljaju važan instrument u rešavanju izraženih zahteva za parkiranjem automobila koji se ispostavljaju ka samom centru grada kao jezgrou administrativnih, poslovnih i komercijalnih aktivnosti [4].

### 3. MESTO PARK-AND-RIDE U PROCESU UPRAVLJANJA PARKIRANJEM

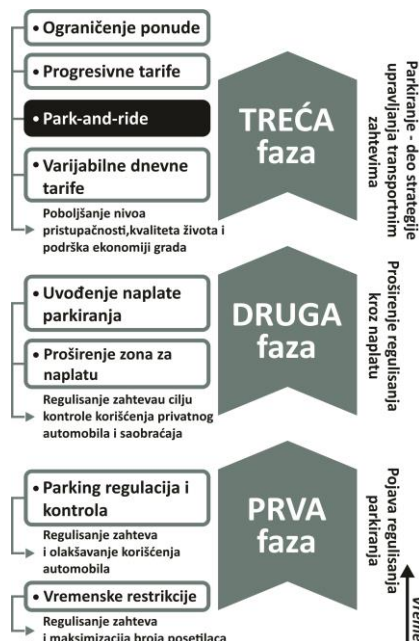
Da bi se definisala park-and-ride pozicija u okviru parking politike gradova važno je uzeti u obzir i njenu evoluciju, tj. menjanje (poboljšavanje) tokom vremena.

Prema [1], park-and-ride politika je deo treće razvojne etape (slika 2.) u kojoj se javlja noviji stav da parkiranje predstavlja deo šire strategije upravljanja transportnim zahtevima čijom adekvatnom primenom se može uticati na gradove da postanu kvalitetnija mesta za život.

Izgradnjom, razvojem i promocijom ovog sistema destimulišu se korisnici (u najvećoj meri oni sa motivom dugotrajnog parkiranja) da sopstvenim automobilom pristupaju područjima grada koje karakteriše najviša ekonomska vrednost prostora i najveća koncentracija aktivnosti, a koji ujedno mogu biti i *najranjiviji* u smislu odnosa ponude i potražnje za transportnim kapacitetima.

Dakle, osim kroz vizuru evolucije mehanizama parking upravljanja, park-and-ride sistem se može definisati i kao posebna politika u okviru podsistema parkiranja čijim planiranjem i

implementacijom se vrši upravljanje parking zahtevima na jedan konceptijsko savremeniji način.



Slika 2: Etapni razvoj politike parkiranja

### 4. KADA SE PRIMENJUJE PARK-AND-RIDE SISTEM?

Predmet diskusije ovog rada se odnosi na pojavu parkiranja u urbanom gradskom području koje zbog svoje visoke atrakcije sa aspekta planiranja i upravljanja predstavlja najveći tehničko-tehnološki izazov. Stoga će kriterijumi za uvođenje park-and-ride koncepta u ovom radu biti razmatrani samo sa aspekta parking podsistema.

Prvi i osnovni razlog planiranja i primene bilo koje parking politike, pa tako i park-and-ride koncepta, je postojanje problema u podsistemu parkiranja, odnosno situacije kada parking zahtevi korisnika automobila prevazilaze količinu prostora koji stoji na raspolaganju kao ponuda. Važno je napomenuti da se park-and-ride sistem ne uspostavlja kao *a priori* mera donosioca odluke koja je namenjena rešavanju nekog uočenog stanja u transportnom sistemu grada. Takođe,

preporučuje se i izbegavanje ekspertskog ocenjivanja uslova, vremena i razloga primene, jer se radi o složenijem sistemu, multidisciplinarnog karaktera i planiranja, za koji praksa pokazuje da njegovo funkcionisanje u željenom režimu često mora da prati i finansijska subvencija. Dakle, odluka o implementaciji park-and-ride programa ne bi trebalo da bude argumentovana isključivo ranom pojavom problema parkiranja u gradu. Kao što je predočeno u prethodnom poglavlju, park-and-ride se uvodi kao deo jednog *paketa* mera (nastup treće upravljačke faze) koje propisuje strategija upravljanja transportnim zahtevima.

Veliki parking zahtevi upućeni ka postojećim kapacitetima unutar grada, kao i njihovo prekomerno korišćenje mogu dovesti i do pojave duge potrage za slobodnim parking mestom izazivajući negativne efekte kao što su porast realizovanih auto-kilometara i uticaj na pojavu novih saobraćajnih opterećenja, narušavanje ekološke situacije okoline, ali i potencijalno pogoršan nivo bezbednost korisnika uličnih prostora. Reakcija lokalnih uprava u ovim slučajevima je uglavnom uvođenje restriktivnijih tarifa, novih zona naplate, i onemogućavanje realizovanja dugotrajnog parkiranja (npr. 8 ili više sati, korisnici sa motivom rada) u centralnoj zoni, a u cilju ponude postojećih kapaciteta što većem broju korisnika. Ovakva situacija dovodi do preliivanja korisnika i problema parkiranja iz centralnih područja u obodne; a nastali problem se rešava/ublažava uvođenjem posebnih režima kojima se daje prednost stanovnicima zone [5], dok se potrebe za pakriranjem dodatno izmeštaju, a zahtevi korisnika se orjentišu ka vangradskim parkiralištima. Međutim, relevantni podaci (gradske vidovne raspodele i stepeni motorizacije npr.) pokazuju da je automobil i dalje ključno

transportno sredstvo za pristup i društveno-ekonomski *uspeh* centralne gradske zone, pre svega zbog širine potencijalnog tržišta koje otvara ovom području. Dakle, pitanje adekvatnog i pouzdanog pristupa svim sadržajima ovog područja od strane kritičnog broja korisnika u toku dana je od osnovne društvene i ekonomske važnosti. Imajući ovo na umu, može da se kaže da park-and-ride politika može postati aktuelna u momentu kada je neželjenim korisnicima parking prostora u gradu ipak potrebno obezbediti određeni nivo pristupačnosti centru, a po pojavi debalansa ponude i potražnje u karakterističnim zonama grada.

Restriktivna zonska i tarifna parking politika će sasvim sigurno dovesti do pojave stvaranja park-and-ride parkirališta koja su neformalnog (ali nekad i nelegalnog) karaktera i koja su nastala samoinicijativno. Neformalno park-and-ride ponašanje je u stvari karakteristično za korisnike van centralnih zona gradova i naselja koji sami, prema trenutnim uslovima koje diktira lokalno transportno tržište (najčešće su to uslovi finansijskih i vremenskih troškova), formiraju svoje ponašanje prilikom izbora vida i načina kretanja. Bilo da se radi o izdvojenim lokacijama koje mogu biti tehnički neuređena i korisnički improvizovana parkirališta, ili da se radi o delovima naselja (na obodu, niske gustine stanovanja) gde putnici ostavljaju svoja vozila na uličnim frontovima na kojima ne važe vremenska ograničenja, tarife i administrativne zabrane, vid neformalnog park-and-ride ponašanja se često doživljava kao smetnja, koja osim što smanjuje mogućnosti parkiranja lokalnim žiteljima, dovodi i do urbanističkog nereda. Sa aspekta upravljanja parkiranjem, pojava ovog tipa korisnika često ukazuje na potrebu za uvođenjem novih mera u uređivanju

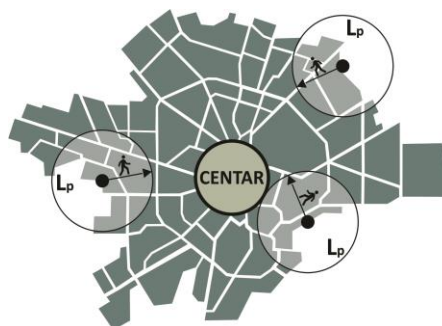
parking podsistema grada, tj. drugim rečima, jedan od uslova za strateško razmatranje uspostavljanja predmetnog koncepta kao nove politike je upravo postojanje neformalnog park-and-ride ponašanja na lokacijama za koje bi trebalo odlučiti da li će biti formalno prevedene u sistem, ili za to ne postoji opravdanje ili zakonski osnov. Osim toga, lokalne uprave često biraju i da ovakvo ponašanje tolerišu zarad pružanja korisnicima novih parking kapaciteta koji u stvari ne zahtevaju nikakve nove troškove.

Park-and-ride način putovanja se može planirati i ukoliko sam grad poseduje uspostavljen sistem javnog masovnog prevoza putnika (JMPP). Sasvim je jasno da su formirane linije JMPP-a neophodnost prilikom povezivanja budućeg (ili postojećeg) vangradskog parkirališta sa sadržajima unutar grada. Specijalna park-and-ride linija koja bi opsluživala samo dati terminal i povezivala ga sa centrom nije neophodna (čak zahteva i dodatne finansijske i materijalne troškove), već je formiranje dotičnih parkirališta moguće i na pogodnim mestima uz već postojeća stajališta ili terminuse.

## 5. PARK-AND-WALK IDEJNI KONCEPT

Iako skoro svaki slučaj automobilske gradskog kretanja podrazumeva parkiranje vozila i nastavak pešačenjem, *park-and-walk* je specifično ime koncepta dato ideji koja suštinski teži istim efektima kao i kompleksniji sistem park-and-ride. Razlika je u jednostavnijoj (i jeftinijoj) primeni i lakšem planiranju, kao i u činjenici da infrastruktura i funkcionisanje sistema JMPP nisu neophodni, što koncept čini pogodnijim za manja mesta (koncentrisanog prostiranja, ispod 100.000 stanovnika). Prema istraživanju [2], preko 90% od analiziranih 26 gradova u Srbiji poseduju neki vid JMPP-a, pri čemu su

eksperti iz polovine ovih gradova svoj postojeći sistem JMPP-a ocenili kao nezadovoljavajuć. Već je rečeno da park-and-ride program zahteva koordinaciju sa funkcionisanjem lokalnih autobuskih linija kao i određena nova ulaganja i organizacione aktivnosti prilikom integrisanja dva vida prevoza. Rezultati navedene analize, kao i stanje JMPP u mnogim mestima Srbije navode na zaključak da bi park-and-ride opcija bila verovatno neodgovarajuća mera za realizaciju u okviru plana upravljanja parkiranjem.



Slika 3. Lociranje park-and-walk opcija

Takođe, alternativna primena park-and-walk sistema u nekom naselju podrazumeva poznavanje *rastojanja pešačenja* ( $L_p$ ) (slika 3.) kao najznačajnijeg parametra prilikom utvrđivanja moguće lokacije parkirališta. Zapravo, rastojanje pešačenja ima veliki značaj kod analize pogodnosti lokacije za parkiranje, a ova veličina zavisi od veličine grada, motiva i trajanja parkiranja, dok se sa porastom grada povećava i prihvatljivo rastojanje pešačenja [6]. Može se reći da bi ovakav način upravljanja parking zahtevima bio pogodan za neka mesta u Srbiji koja teže da upravljaju parking procesom i koja beleže otežanu pristupačnost i funkcionalnost svog gradskog jezgra usled porasta broja privatnih vozila i usled stvaranja novih parking zahteva.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen park-and-ride sistem sa aspekta koji nije dovoljno obrađivan u literaturi, a tiče se njegove povezanosti i delovanja u okviru podsistema parkiranja. Odgovor na pitanje gde je zaista pozicija park-and-ride koncepta u podsistemu parkiranja i kada se primenjuje leži u činjenici da se radi o upravljačkoj politici koja je rezultat primene strategije upravljanja mobilnošću u cilju smanjenja korisničkih zahteva, a koja se *poziva* u momentu kada ne postoji zadovoljstvo stanjem korišćenja postojećih parking resursa i kada neke druge politike eventualno nisu dale željene rezultate.

Takođe, park-and-ride koncept pronalazi svoje mesto i kao element parking podsistema grada pomoću kojeg se može upravljati pristupačnošću centralne gradske zone čime je značajno podržano i njeno funkcionisanje.

U radu je navedena i park-and-walk alternativa ovom konceptu koja može biti finansijski i tehnološki primenljivija.

## LITERATURA

- [1] Mingardo, G. i ostali (2015). Urban parking policy in Europe: A conceptualisation of past and possible future trends. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74(0), 268-281.
- [2] Milosavljević, N. i Simićević J. (2013). Stanje parkiranja u gradovima i naseljenim mestima u Srbiji i okruženju. Naučno-stručni skup *Parkiranje ka održivom transportnom sistemu*, 11–13.
- [3] Spillar, J.R. 1997. *Park-and-Ride Planning and Design Guidelines*. Parsons Brinckerhoff Inc. New York, USA.
- [4] Shoup, D. i Manville, M. (2004). *People, Parking and Cities*. *Access Magazine*, 25(Fall), 2-8.
- [5] Simićević, J. i Milosavljević, N. (2013). Upravljanje parkiranjem u gradovima i naseljenim mestima. Naučno-stručni skup *Parkiranje ka održivom transportnom sistemu*, 13–27.
- [6] Milosavljević, N. i Simićević J. 2018. *Parkiranje*. Beograd: Saobraćajni fakultet.

## SUMMARY

### PARK-AND-RIDE CONCEPT: PARKING MANAGEMENT TOOL IN LOCAL GOVERNMENT

**Abstract:** *Introducing time limits, paid parking, law regulations, and establishing criteria for developing off-street (multimodal) parking objects are some of the management tools used by local governments to improve urban, transport, socio-economic and environmental conditions. Park-and-ride is a potential method of displacing mass parking from the high activity and high-value city areas to the margins of the central zone or city while offering new trip alternatives to passengers. Park-and-ride is a complex transportation option with many modes and stakeholders included, but it is possible to examine it separately as a part of one parking subsystem and city's parking management policy. The aim of this paper is to define its role in city center parking solution, and besides presenting the subject system, the paper offers a discussion on the basic criteria for its implementation and a possible alternative for smaller towns.*

**Key words:** *parking management, parking policy, park-and-ride, local government*



## INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI U FUNKCIJI KVALITETNIJEG PARKIRANJA

**Klaudija Kuliš**, Srednja škola „Kreševo“, BiH, [klaudija.kulis@gmail.com](mailto:klaudija.kulis@gmail.com)

**Emir Deljanin**, IFSTTAR – Nantes, AME, EASE, France, [e.deljanin.fsk@gmail.com](mailto:e.deljanin.fsk@gmail.com)

**Ermin Muharemović**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu, BiH, [ermin.muharemovic@fsk.unsa.ba](mailto:ermin.muharemovic@fsk.unsa.ba)

**Rezime:** Dnevne migracije stanovništva svakoga dana postaju sve izraženije te im se počinja pridavati sve veći značaj. Ovakvo stanje je najizraženije u velikim gradskim centrima u kojima se broj osobnih automobila svakim danom povećava. Povećanjem broja osobnih automobila, pojavljuje se i veća potreba za parking prostorom. U većini slučajeva postojeći parking kapaciteti određenoga grada su ograničeni i ne prate proporcionalno rast potrebe za parking površinama. Posljedica toga jesu zagušenja prometne mreže što za sobom veže duže vrijeme putovanja, povećan broj saobraćajnih nezgoda, onečišćenje okoliša kao i veliki broj nepropisno parkiranih automobila.

Kako bi se pozitivno odgovorilo na sve veće potrebe za parking prostorom, sve više se uvode i primjenjuju nove tehnologije u upravljanju istima. Osnovni cilj uvođenja inteligentnih transportnih sustava jeste aktivno prikupljanje podataka, njihova analiza i donošenje pravovremenih odluka. ITS rješenja za kvalitetniji parking ne pomažu samo direktnim korisnicima (vozačima), nego olakšavaju posao i operatorima parkinga.

Rad se bavi ITS rješenjima koja nastoje riješiti problem parkiranja u velikim gradskim sredinama.

**Ključne riječi:** Logistika, inteligentni transportni sustavi, parking

### 1. UVOD

Osnova ekonomskog rasta svake regije su urbana područja (gradovi). Povećanjem atraktivnosti grada raste i povećanje saobraćaja a samim tim i potreba za parking površinama. ITS sistem je namijenjen svim vozačima osobnih automobila uključujući turiste, poslovne korisnike, osobe sa namjerom kupovine i drugim potrebama. Pored direktnih korisnika, sistem koriste i lokalne uprave u svrhu upravljanja ukupnim saobraćajem. Vlasnicima objekata za parkiranje sistem omogućuje bolje iskorištenje kapaciteta pružanjem informacija korisniku o lokaciji i statusu ponude za parkiranje.

### 2. MOGUĆNOST UVOĐENJA NOVIH ITS RJEŠENJA U SISTEM STACIONARNOG SAOBRAĆAJA

Neka od rješenja koja će biti objašnjena u nastavku rada već su upotrebi, kako u svijetu, tako i u Bosni i Hercegovini.

#### 2.1. Multiservisna arhitektura usluga inteligentnog parkiranja

Usluge inteligentnog parkiranja imaju za cilj pružiti krajnjem korisniku korištenje multiservisnog modela koji omogućava kombiniranje više usluga vezanih za parkiranje povezujući ih u jednu agregiranu uslugu, koja podržava cjelokupni proces parkiranja. Samo parkiranje uključuje više povezanih aktivnosti:



- Pronalaženje parkirnog mjesta
- Izbor rute i navigaciju do parkirnog mjesta
- Navigaciju od parkirnog mjesta do odredišta (po mogućnosti korištenje javnog prijevoza, Park&Ride), plaćanje parkiranja i napuštanje parkirnog mjesta.

Integriranje više usluga u jednu agregiranu uslugu donosi koristi za krajnje korisnike koje se ogledaju u tome da korisnik ne treba zasebno pokretati svaku uslugu koja je vezana za parkiranje. Integriranje plaćanja, jednostavan prelazak sa usluge na uslugu, ovisno o potrebi i kontekstu sa proaktivnim obavijestima i upozorenjima čine uslugu korisnom i privlačnom za korisnike. Kako bi se olakšalo parkiranje, personalni mobilni uređaj ili putno računalo može ostvariti komunikaciju sa infrastrukturom inteligentnog sistema parkiranja.

U realizaciji objedinjenih usluga treba nastojati stvarati zajedničke modele podataka, standardiziranih usluga inteligentnog parkiranja i protokola kad god je to moguće.

Pojedinačne prijave i plaćanja u modelu multiservisa zahtijevaju usluge upravljanja korisnicima, plaćanja i financijska poravnanja.

Jedna od ključnih ideja modela multiservisa je objedinjavanje saobraćajnih usluga na jednom mjestu, kako bi se olakšalo njihovo korištenje. Model multiservisa treba omogućiti sredstva za pružanje usluga koja će korisnicima omogućiti jednostavno pronalaženje usluga, njihovo uspoređivanje i korištenje. Pronalaženje servisa treba biti prema određenom kontekstu tako da se usluga koja se nudi korisnicima odgovara situaciji u kojoj se korisnik nalazi.

Zahtjevi korisnika usluga inteligentnog parkiranja su :

- Korištenje jedinstvenog identiteta koje podrazumijeva da više usluga u području mobilnosti (usluge inteligentnog parkiranja) zahtijevaju objedinjavanje više usluga od različitih pružatelja (provajdera). Različite usluge zahtijevaju personalizirane usluge kao što su izdavanje računa korisniku i utvrđivanje jedinstvenog identiteta korisnika. Jedinstveno označavanje objedinjene usluge zahtijeva centralizirano upravljanje korisnicima sistema, koji podržava multiservisne funkcionalnosti.
- Jedinstveno plaćanje koje uključuje objedinjavanje više usluga plaćanja u jednu multiservisnu uslugu inteligentnog parkiranja. Plaćanja usluga inteligentnog parkiranja ne uključuju samo usluge korištenja parkirnog mjesta, pored toga mogu postojati zahtjevi za plaćanjem usluga putarine na dionici koja vodi do parkirališta, te usluge korištenja stvarnovremenskih informacija za navođenje do mjesta parkiranja. Zasebni ugovori o plaćanju, različiti načini plaćanja usluga i prekomjerna interakcija za svaku, dovodi do neugodnosti za korisnika. Objedinjavanjem usluga plaćanja u jednu zajedničku uslugu plaćanja omogućava se jednostavno praćenje troškova, jednostavno plaćanje sa jednim izabranim načinom plaćanja za sve usluge, te manja interakcija korisnika sa transakcijama plaćanja. Kako bi se izbjeglo više ugovora za plaćanja, model multiservisnih usluga treba omogućiti plaćanje svih usluga jednom transakcijom za krajnjeg korisnika.
- Kontekstualizacija saobraćajne usluge je vezana za određeni prostorni

kontekst, koji može biti statički (saobraćajna mreža) i dinamički (stanje u saobraćaju). Provajderi usluga moraju vršiti izbor usluga prema različitim zahtjevima korisnika. Tako na primjeru usluge inteligentnog parkiranja, područje parkirališta treba da se nalazi što bliže odredištu vozača ili sistemu javnog prijevoza kojim se može doći do odredišta. Dakle usluge parkiranja treba prilagoditi određenom kontekstu. Model multiservisnih usluga treba osigurati potrebne kontekstne informacije (lokacija može biti najvažnija informacija konteksta) i dostaviti ih korisniku.

- Personalizacija usluga omogućava korisnicima da se u multiservisnom okruženju usluge prilagođavaju različitim stepenima svoga iskustva. Potreba za personalizacijom može biti direktno usmjerena na multiservisno okruženje. Personalizacija se može temeljiti na profilu i postavkama izričito predviđenim za korisnika, ili se vrši automatizirano na temelju praćenja ponašanja korisnika.
- Sigurno i učinkovito korištenje sučelja za mobilne korisnike zahtijeva poseban dizajn sučelja interakcije sa korisnikom, tako da korištenje usluga ne smije utjecati na smanjenje sigurnosti u saobraćaju. Pored toga, mobiteli i mobilni terminali u vozilu imaju ograničene UI mogućnosti, što može zahtijevati iskorištavanje novih inovativnih UI paradigmi interakcije, koje mogu biti korisne. Prirodna korisnička sučelja (govor, kretnje tijela) mogu zahtijevati tradicionalni korisnici. Automatizirana detekcija situacije i konteksta, te prilagodba na njega kao i proaktivne funkcionalnosti

se mogu koristiti kako bi se smanjila potreba za interakcijom korisnika.

- Kako bi se omogućilo sigurno i učinkovito korištenje mobilnih usluga, sistem treba omogućiti korištenje inovativnih korisničkih sučelja koja ne odvrćaju pažnju korisnika od saobraćajne situacije, omogućavajući pri tome učinkovito korištenje mobilnih terminala ili putnih računala.
- Podrška heterogenim korisničkim terminalima zahtijeva modele koji omogućavaju zajedničke usluge i primjenu razvojnog i pružanje usluga inteligentnog parkiranja neovisno o vrsti korištenog terminala. Korisnici saobraćajnih usluga koriste različite mobilne terminale i putna računala. Pored toga stolna računala imaju veće mogućnosti u odnosu na mobilne terminale. Ova heterogenost terminala koje koriste korisnici usluga su za davatelje usluga i graditelje sistema izvor troškova. Kako bi se smanjili troškovi razvoja i pružanja usluga, dobavljači i graditelji sistema trebaju osigurati neovisne platforme za aplikacije, koje će funkcionirati u heterogenom terminalnom okruženju.

## **2.2. ITS sistemi za parkiranje u realnom vremenu**

Telematički sistemi upućivanja na parkiranje u realnom vremenu sastoje se u pravilu od više objekata i prostora za parkiranje s određenom ponudom mjesta za parkiranje i opremom. Opremljeni su detektorima vozila za pripremu informacija o korištenju objekta, povezanim u centralni računarski sistem s odgovarajućim softverom objedinjenim u upravljačkom centru, komunikacijskim sistemom i

statičko-dinamičkim saobraćajnim znakovima.

Temeljni zahtjev je da sistem funkcioniра u realnom vremenu. Stoga informacija o broju raspoloživih mjesta za parkiranje mora biti dovoljno svježа kako bi bila korisna i upotrebljiva korisniku, odnosno sistem treba biti efikasan i pouzdan. Informaciju o broju slobodnih mjesta za parkiranje pojednog objekta za parkiranje upućuje se putem komunikacije središnjoj jedinici – kontrolno-upravljačkom centru, koji je nakon obrade šalje ponovno putem komunikacijskih veza pojedinim statičko - dinamičkim znakovima. Postoje modaliteti pružanja informacija o raspoloživom broju mjesta, na način da se informacije distribuiraju putem radioveze, odnosno navigacijskog sistema individualno u svako pojedino vozilo.

Modaliteti imaju svoja ograničenja: radiosistem pretpostavlja znanje jezika i poznavanje lokalne mreže saobraćajnica i infrastrukture za parkiranje, dok navigacijski sistem pretpostavlja posjedovanje jedinice u vozilu, kao i smanjenu upotrebljivost zbog velikog broja raspoloživih informacija. Danas dominiraju statičko-dinamički znakovi objedinjeni u telematičkom sistemu upućivanja na parkiranje. Oni imaju ograničenje u količini pruženih informacija. Na znaku, osim statične informacije o lokaciji (smjeru) i nazivu objekta, moguće je pružiti informaciju o statusu iskorištenja mjesta za parkiranje u objektu „slobodno“ ili „pun“, koji može biti riješen svjetlosnim signalima ili prizmama. Postoji tip znaka koji pruža cjelovitiju dinamičku informaciju korisniku u obliku raspoloživog broja mjesta za parkiranje.

Veze između statičko-dinamičkih znakova i centra za upravljanje, odnosno objekata za parkiranje i centra za

upravljanje, moguće je ostvariti putem žičane i bežične veze. Primjerice, za to mogu biti ISDN ili PSTN te optičke veze ili bežične kao što su radiovalovi ili infracrveni valovi te veze putem mobilnih telefonskih servisa. Kako je zahtjev da sistem radi u realnom vremenu, u pravilu se upotrebljavaju žičane veze koje danas osiguravaju kvalitetniji i pouzdaniji prijenos informacija. U samim objektima za parkiranje dovoljno je na ulasku i izlasku iz objekta imati elektromagnetske petlje, rampe ili koji drugi sistem, koji povezan s centralnim sistemom upravljanja parkiranjem daje dostatne informacije o popunjenosti ponude parkiranja određenog objekta. Središnji sistem objedinjuje podatke za sve objekte u sistemu, te je cjelovita slika i stanje sistema dostupno u realnom vremenu

### 2.3. *Inteligentni parking sistemi*

Usluga iParking je implementirana preko distribuirane strukture kao što je prikazano na slici 1. Internet povezuje različite strane, uključujući parkinge, korisnike i provajdere usluga. Provajderi usluga uspostavljaju interfejsе kako bi povezali parkinge i korisnike preko interneta, i razvijaju alate koji su potrebni da se održavaju baze parkinga.



Slika 1. Arhitektura iParking usluge, koja spaja parking, korisnike i provajdere usluga preko Interneta

Operatori parkinga koriste senzore da prate popunjenost svakog parking mjesta i objavljuju online informacije o popunjenosti parkinga u realnom vremenu. U isto vrijeme sistem baza obrađuje zahtjeve korisnika za rezervaciju parkinga i prikazuje rezerviranost mjesta da bi spriječio parkiranje drugih vozila na to mjesto.

Svaki parking ima svoje sopstvene baze, koje se sastoje od informacija povezanih sa cijelim parkingom i sa svakim od parking mjesta. Informacije povezane sa parkingom su, dozvoljena parking vremena i ostale generalne poruke, dok su informacije za pojedinačno parking mjesto njegova lokacija, stanje zauzetosti, stanje rezervisanosti itd. Na korisničkoj strani, korisnik pokreće program na svom pametnom telefonu da bi pristupio usluzi preko interneta. Aplikacija je jako lagana i jednostavna budući da samo skuplja podatke baza parkinga koji su od interesa korisniku.

iParking također pruža uslugu pozicioniranja i pronalaženja parking mjesta ili automobila preko sistema pozicioniranja pametnog telefona. Ugradnja ovakvog sistema na parkinge kako otvorene tako i zatvorene poboljšava korisničko iskustvo i olakšava svakodnevni život.

#### **2.4. IoT inteligentni parking sistem**

Inteligentni transportni sistemi i ostali sistemi (sistemi distribucije električne energije, vode, grijanja, i plina) omogućavaju inteligentne IoT (Internet of Things) usluge koje čine grad pametnijim (Smart City).

Inteligentni parking je integriran u IoT arhitekturu pametnog grada koja se sastoji od tri sloja – sloj senzora, sloj komunikacije i aplikativni sloj. Na aplikativnom sloju, informacijski centar obezbjeđuje cloud

usluge (Ambrust, et al., 2010), tj. Platformu kao servis (PaaS), softver kao servis (SaaS) i infrastrukturu kao servis (IaaS), za resurse alokacije prostora za različite usluge parkiranja vozila. IoT upravljački centar upravlja pametnim gradom preko IoT integriranog servisnog portala. Na dnu, mnoštvo biznis servisa koristi zajednički interfejs komunikacijskog sloja. Ovo uključuje lociranje parkinga, usluge informisanja, GIS/GPS usluge, praćenje tablica vozila, praćenje vozila itd.

Različite tehnologije senzora se mogu koristiti za sloj senzora za embeded parking rješenja kao što su Radio Frequency Identification (RFID) za kontrolu pristupa parkingu, laserski, pasivni infracrveni, mikrovalni, ultrasonični i pasivni akustični senzori, Closed-Circuit Television (CCTV) sa video obradom slike za detekciju statusa parking mjesta, registracijske oznake sa instaliranim 3G/4G komunikacijskom modulom za praćenje automobila itd.

Da bi se omogućio rad parking sistema kao radne platforme pametnog grada, različiti parkinzi moraju biti razvrstani u potrazi za najboljim parkingom, primjenom različitih biznis modela i aplikacija. Korisnici mogu koristiti sistem instalacijom odgovarajuće mobilne aplikacije na pametni telefon. Unosom odgovarajućih korisničkih preferencija, svaki korisnik uspostavlja lični profil koji će biti korišten od strane aplikacije za potragu, alociranje, rezervaciju i plaćanje najboljeg parking mjesta u određenom scenariju.

### **3. ZAKLJUČAK**

U svijetu su razvijene različite inteligentne aplikacije koje pomažu u boljoj organizaciji parking mjesta. Telematička rješenja koja u realnom vremenu pružaju korisnicima podatke o zauzetosti parking mjesta te ih upućuju na dostupna, štede korisnicima vrijeme potrebno za

pronalaženje istih te smanjuju gužve u saobraćaju. iParking i IoT predstavljaju naprednija rješenja jer omogućavaju rezervaciju određenog parking mjesta ili sama aplikacija predlaže najpogodniju opciju u ovisnosti od korisnikovih želja i potreba unesenih u istu. Sve navedene aplikacije imaju za cilj uštedu vremena, smanjenu emisiju štetnih plinova i manje gužve u saobraćaju, dok korisnicima ostaje pravilno korištenje i upotreba istih.

#### LITERATURA

- [1] Liu, J., Chen R., Chen Y., Pei L., 2012. iParking: An Intelligent Indoor Location-Based Smartphone Parking Service. Sensors, Issue 12, pp. 14613-14629.
- [2] Ji, Z., Ganchev, I., O'Droma, M. & Zhang, X., 2014. A Cloud-Based Car Parking Middleware for IoT-Based Smart Cities: Design and Implementation. Sensors, Issue 14, pp. 22372-22393.
- [3] Koralalage, K. S. & Yoshiura, N., 2009. Intelligent and Standardized Parking Solution. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 9(4), pp. 213-223.
- [4] Smart Card Alliance, 2006. Smart Cards and Parking, Clarksville: Smart Card Alliance.
- [5] Pecirep, P., 2014. Primjene i funkcionisanje telematske tehnologije u sistemu mirujućeg saobraćaja, Travnik: Internacionalni univerzitet Travnik.

#### SUMMARY

### INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN FUNCTION OF BETTER QUALITY PARKING

**Abstract:** *The daily migration of the population every day becomes more and more pronounced and is becoming increasingly important. This situation is most pronounced in large city centers where the number of personal cars increases each day. By increasing the number of personal cars, there is a growing need for parking space. In most cases the existing parking capacity of a certain city is limited and does not follow the proportional increase in the need for parking areas. As a consequence, the congestion of the traffic network which entails long journeys, increased traffic accidents, environmental pollution and a large number of improperly parked cars.*

*In order to respond positively to the growing need for parking space, new technologies are being introduced and applied in managing them again. The basic objective of introducing intelligent transport systems is to actively collect data, analyze them, and make timely decisions. ITS solutions for better parking do not only help direct users (drivers), but make it easier for the job and parking operators.*

*The paper deals with ITS solutions that try to solve the parking problem in large urban environments.*

**Key words:** *Logistics, intelligent transportation systems, parking*

## POLITIKA PARKIRANJA KAO INSTRUMENT ZA SMANJENJE ŠTETNIH EMISIJA PUTNIČKIH AUTOMOBILA

Vladimir Momčilović, Saobraćajni fakultet, Beograd, v.momcilovic@sf.bg.ac.rs

Jelena Simičević, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.simicevic@sf.bg.ac.rs

**Rezime:** Tokom poslednjih tridesetak godina, emisija štetnih gasova putničkih automobila je postala jedan od najznačajnijih problema sa kojim se suočavaju gradovi širom sveta. Jedan od pristupa smanjenju njihovih štetnih emisija jeste svakako sprečavanje ili smanjenje saobraćajnih zagušenja u centralnim gradskim područjima, odnosno zonama visoke atraktivnosti. Jedan od uticajnih faktora na pojavu zagušenja, odnosno snižavanje (ionako niske) brzine saobraćajnog toka je parkiranje, odnosno traženje slobodnog parking mesta na uličnim parking mestima. Traženje slobodnog parking mesta nastaje pre svega zbog velike popunjenosti kapaciteta za parkiranje, pa se (boljim) upravljanjem parkiranjem može uticati na njegovo smanjenje. U ovom radu ispitan je uticaj vremenskog ograničenja i cene parkiranja na ukupno vreme traženja slobodnog parking mesta, kao i na emisiju štetnih gasova putničkih automobila. Za potrebe rada sprovedeno je istraživanje u užoj centralnoj zoni Beograda, crvenoj zoni za parkiranje, radi ispitivanja odnosa korisnika putničkih automobila prema vremenskom ograničenju i ceni parkiranja. U radu su prikazane potencijalne koristi u oblasti zagađenja vazduha i sprečavanja klimatskih promena usled uvođenja izbalansirane politike i cene parkiranja na uličnim parking mestima.

**Ključne reči:** upravljanje parkiranjem, režim parkiranja, vreme traženja parking mesta, emisija CO<sub>2</sub>

### 1. UVOD

S obzirom na to da održivi razvoj predstavlja „razvoj koji zadovoljava sadašnje potrebe bez ugrožavanja mogućnosti da buduće generacije zadovolje svoje potrebe“ [1], održivi transportni sistem uravnotežavanjem ekoloških, socijalnih i ekonomskih izazova obezbeđuje da se osnovne potrebe za mobilnošću i pristupačnošću pojedinaca i društva bezbedno zadovolje uz očuvanje zdravlja ljudi i životne sredine, te jednakosti unutar i između generacija. Održivi transportni sistem je ekonomičan, efikasan, transparentan, fleksibilan i dinamičan, a u realizaciji smanjuje emisije štetnih gasova i buke, otpad, zauzeće zemljišta, odnosno namenu površina,

potrošnju neobnovljivih i obnovljivih resursa do granica njihove održive proizvodnje, ponovo koristi i reciklira materijale i komponente.

Problem parkiranja spada u grupu problema koji prate rast gradova, a koji se uglavnom iskazuju kroz: neracionalno korišćenje gradskih površina i ostalih gradskih resursa, pad kvaliteta transportne usluge, negativan uticaj na životnu sredinu i sl. [2] Parkiranje predstavlja esencijalnu komponentu transportnog sistema, pa strategija upravljanja parkiranjem treba da proizilazi iz strategije upravljanja transportnim sistemom. Osnovna uloga upravljanja parkiranjem je rešavanje problema koji se javljaju u ovom transportnom podsistemu. Ovo se pre svega odnosi na pomirenje stalno rastućih



zahteva za parkiranjem sa ograničenom ponudom parking mesta. Pored toga, upravljanje parkiranjem može da pomogne (a nikako ne bi smelo da odmogne) realizaciji ciljeva u transportnom sistemu uopšte, pa i u ostalim sistemima jednog grada. [3]

Cilj ovog rada je da se ispita i kvantifikuje uticaj politike parkiranja na emisiju štetnih gasova putničkih automobila kroz smanjenje vremena traženja slobodnog parking mesta. Autori su se opredelili za politiku parkiranja zasnovanu na vremenskom ograničenju i ceni parkiranja, jer su ove mere primenjivane u ranim fazama upravljanja parkiranjem u većini centralnih gradskih područja evropskih gradova. [4],[5]

U sledećem poglavlju prikazana je metodologija modeliranja i istraživanja karakteristika korisnika parking mesta na odabranom području. Zatim su prikazani rezultati modela i konačno na kraju su data zaključna razmatranja.

## **2. METODOLOGIJA**

Budući da je jedan od najznačajnijih uzročnika vremenskih gubitaka usled traženja parking mesta visoka popunjenost kapaciteta za parkiranje, prema [6] porast popunjenosti kapaciteta za parkiranje uzrokuje opadanje verovatnoće pronalaska slobodnog parking mesta, zbog čega se povećavaju potrebno vreme i rastojanje za njegovo traženje. Politika parkiranja može da utiče na (jednovremenu) tražnju za parking mestima u određenom području i raspoložive kapacitete za parkiranje. Vremensko ograničenje i cena parkiranja sprečavaju, odnosno demotiviraju parkiranje pojedinih korisnika, koji usled primenjenih mera bivaju prisiljeni da promene motiv i/ili mesto parkiranja, vid transporta, vreme početka putovanja, odredište... U tom smislu menja se i broj jednovremenih

zahteva za parkiranjem u datom području, kao i prosečno vreme traženja parking mesta po korisniku, što će s druge strane promeniti ukupno vreme putovanja svih korisnika. Vreme putovanja izazvano traženjem parking mesta je direktno povezano sa ukupnim emisijama zagađujućih materija reprezentativnog voznog parka pod uticajem određenih uslova okruženja. Reprezentativni vozni park sačinjavaju vozila klasifikovana po različitim pogonima, zapreminama motora, EURO standardima emisije i sl. pod uticajem datih klimatskih i saobraćajnih uslova, kvaliteta goriva i održavanja, tehničke ispravnosti vozila i drugih spoljnih uslova.

Za postizanje definisanih ciljeva, odnosno za ispitivanje i kvantifikaciju uticaja politike parkiranja na nivo emisije štetnih gasova putničkih vozila izvršeno je: 1) modeliranje uticaja vremenskog ograničenja i cene parkiranja na tražnju za parkiranjem i popunjenost kapaciteta za parkiranje, 2) modeliranje uticaja popunjenosti na traženje parking mesta i 3) modeliranje emisije štetnih gasova referentnog putničkog automobila na bazi ukupnog vremena traženja slobodnog parking mesta.

U ovom radu nije posebno analiziran uticaj vremenskog ograničenja i cene parkiranja na ponašanje korisnika parking mesta, već je usvojen model za odabrano područje istraživanja (I, odnosno crvenu zonu parkiranja u Beogradu) razvijen u [7]. Model je zasnovan na anketi korisnika na uličnim parking mestima i vanuličnim parkiralištima i parking garažama na odabranom području istraživanja. Istraživanje ponašanja posetilaca se sastojalo iz dva dela: 1) prognoziranje reakcije postojećih posetilaca na uvođenje/promenu politike parkiranja pomoću multinominalnog logit modela koji

se podešava pomoću „tehnike izjavljenih preferencija“ (engl. *Stated preference method*) na bazi hipotetičkih scenarija (kombinacija vremenskih ograničenja i cena parkiranja) na koje ispitanici izjavljuju koju bi opciju izabrali u datoj situaciji: parkirali na uličnom parking mestu, parkirali na vanuličnom parkiralištu ili parking garaži, odnosno odustali od parkiranja na području istraživanja; 2) prikupljanje podataka o socio-ekonomskim karakteristikama posetilaca i karakteristikama putovanja i parkiranja „tehnikom izraženih preferencija“ (engl. *Revealed preference method*). [7]

### **2.1. Modeliranje uticaja popunjenosti kapaciteta za parkiranje na traženje parking mesta**

Traženje parking mesta je mnogo složeniji proces nego što se to prvobitno mislilo. Skorija istraživanja pokazuju da su pored popunjenosti kapaciteta za parkiranje u trenutku traženja, izuzetno važni i druge karakteristike vozača i putovanja. Zbog toga, traženje parking mesta ima individualni karakter koji se mora ispitati i uključiti, što je dovelo do razvoja korisničkih modela za određivanje vremena traženja parking mesta. [8] U ovom radu autori su se opredelili za logit model, kao dezagregirani model koji omogućava proveru pojedinačnog značaja većeg broja parametara za koje se smatra da utiču na traženje parking mesta. Podešavanje logit modela je zahtevalo sprovođenje istraživanja na 811 uličnih parking mesta u I (crvenoj) zoni, gde je tokom 5 dana (od 7:00 do 21:00) anketirano 523 ispitanika radi prikupljanja podataka o: 1) karakteristikama posetilaca i putovanja od uticaja na traženje parking mesta i 2) vremenu traženja parking mesta.

Prema literaturi [6],[8] i ličnom iskustvu autora [9], istraživani su sledeći parametri koji imaju uticaj na traženje parking mesta:

1. popunjenost kapaciteta za parkiranje na početku traženja parking mesta ( $\nearrow$  popunjenost =  $\searrow$  broj slobodnih parking mesta  $\rightarrow$  vreme traženja  $\nearrow$ );
2. dužina putovanja kao mera poznavanja lokalne situacije u pogledu parkiranja ( $\searrow$  dužina putovanja = „lokalni“ korisnik  $\rightarrow$  vreme traženja  $\searrow$ );
3. učestalost parkiranja na području kao mera poznavanja lokalnih uslova ( $\nearrow$  učestalost  $\rightarrow$  vreme traženja  $\searrow$ );
4. motiv parkiranja, koji značajno utiče na vreme traženja parking mesta;
5. lični prioriteti korisnika: koji mogu da razjasne njihovo naizgled iracionalno ponašanje (npr. minimizacija dužine pešačenja, troškova putovanja ili izbegavanje nelegalnog parkiranja);
6. strategija traženja parking mesta, za Beograd [9]: a) vozač počinje sa traženjem po dolasku na odredište ili b) vozač počinje sa traženjem unapred, pre stizanja na odredište.

Pored navedenih ispitanici su anketirani i o vremenu traženja parking mesta na bazi sopstvenog utiska (koji se smatra merodavnim) i to: bez traženja, do 5 minuta, od 5 do 10 minuta ili duže od 10 minuta.

Traženje parking mesta direktno zavisi od popunjenosti kapaciteta za parkiranje, a za dobru prognozu vremena traženja potreban je samo još jedan parametar: strategija traženja parking mesta. Posetioci koji primenjuju strategiju a) tj. otpočinju sa traženjem po dolasku na odredište beleže kraće vreme traženja, u odnosu na one koji primenjuju strategiju b).

Pomoću ovog modela, prikazanog u [10], moguće je za bilo koju popunjenost kapaciteta za parkiranje prognozirati

vreme traženja parking mesta za korisnike koji primenjuju strategiju traženja parking mesta a) ili b).

## 2.2. Modeliranje uticaja traženja parking mesta na emisije štetnih gasova

Za ocenu emisije zagađujućih materija i gasova staklene bašte korišćen je softverski alat COPERT 5, koji se zasniva na metodologiji Evropske agencije za životnu sredinu. [11]

Merodavan vozni park putničkih automobila (PA) je, u nedostatku preciznih podataka o detaljnim karakteristikama konkretnih PA uočenih tokom istraživanja (prikazanih u Tabeli 1) i podataka o merodavnom voznom parku za grad Beograd, ponderisan na bazi strukture PA u Republici Srbiji za posmatranu godinu istraživanja i sveden na brojeve koji se parkiraju na području istraživanja u jutarnjem vršnom času (JVČ).

Metodologija za ocenu emisije zagađivača i gasova sa efektom staklene bašte [11] je korigovana kako bi uzela u obzir samo PA na gradskim saobraćajnicama. Proračun se sastojao u određivanju razlika emisije štetnih gasova za dobijene dužine pređenog puta tokom traženja parking mesta relevantne za različite politike parkiranja.

Ulazni parametar prosečna dužina putovanja ( $l_{trip}$ ) sa odredištem u centralnom gradskom području Beograda je postavljen na 11,1 km prema podacima dobijenim sprovedenim istraživanjem, a stvarno rastojanje traženja je dodato vrednosti  $l_{trip}$  za svaki scenario. Kao jedan od parametara emisije zahteva se i prosečna brzina u saobraćajnim uslovima centralnog gradskog područja, koja se prema [12] kreće između 12 i 18 km/h. Autori su za ovaj model usvojili brzinu od 12 km/h pošto se vozači tokom traženja obično kreću nižim brzinama u želji da

imaju što bolji pregled i pravovremeno uoče slobodno parking mesto.

U ovom modelu bio je cilj da se za jutarnji vršni čas odrede časovne emisije ugljendioksida (CO<sub>2</sub>) i ukupnih azotnih oksida (NO<sub>x</sub>) koje potiču isključivo od putničkih automobila koji traže parking mesto u centralnom gradskom području.

## 3. REZULTATI

U tabeli 1 prikazan je broj PA jedinica [PAJ] koje ulaze u centralno gradsko područje tokom jutarnjeg vršnog časa (JVČ). Napomena: Vozila koja se ne parkiraju u crvenoj zoni, odnosno koja je isključivo tranzitiraju nisu uzeta u razmatranje.

Tabela 5: Broj PAJ u centralnom gradskom području u JVČ

Vremensko ograničenje (min)	Cena parkiranja (RSD/h)					
	30	70	110	150	190	230
30	478	309	259	203	154	117
60	605	368	319	259	193	137
90	759	585	445	345	252	173
120	930	733	561	437	329	226

U sledećoj tabeli 2 prikazano je ukupno vreme traženja slobodnog parking mesta svih vozila koja se parkiraju u centralnoj gradskoj zoni u JVČ.

Tabela 6: Prognozirano ukupno vreme traženja parking mesta (voz·h) u JVČ

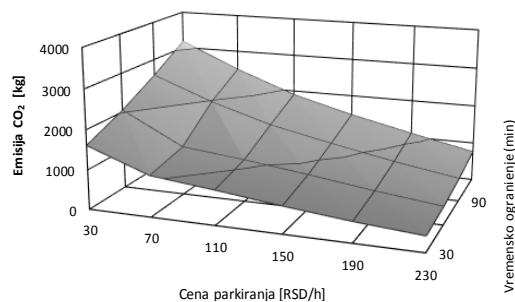
Vremensko ograničenje (min)	Cena parkiranja (RSD/h)					
	30	70	110	150	190	230
30	18,96	11,07	8,98	6,53	4,95	3,61
60	25,51	14,11	11,59	8,98	6,21	4,22
90	34,79	24,67	17,06	12,54	8,74	5,56
120	48,05	33,6	23,66	16,75	11,79	7,72

U tabelama 3 i 4 date su vrednosti a na slikama 1 i 2 dat je grafički prikaz časovnih emisija štetnih gasova usled traženja

slobodnog parking mesta za merodavni vozni park.

Tabela 7: Časovna emisija CO<sub>2</sub> [kg] PA za traženje parking mesta u JVČ

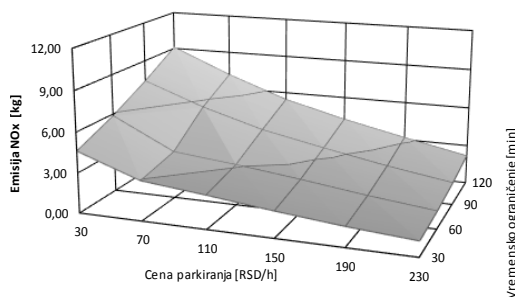
Vremensko ograničenje (min)	Cena parkiranja (RSD/h)					
	30	70	110	150	190	230
30	1612	1038	869	680	516	391
60	2045	1240	1072	869	646	458
90	2575	1978	1499	1160	846	579
120	3173	2487	1897	1472	1105	758



Slika 19: Časovna emisija CO<sub>2</sub> za traženje parking mesta u JVČ u funkciji politike parkiranja

Tabela 8: Časovna emisija NO<sub>x</sub> [kg] PA za traženje parking mesta u JVČ

Vremensko ograničenje (min)	Cena parkiranja (RSD/h)					
	30	70	110	150	190	230
30	4,62	2,97	2,49	1,95	1,48	1,12
60	5,86	3,55	3,07	2,49	1,85	1,31
90	7,38	5,66	4,29	3,32	2,42	1,66
120	9,09	7,12	5,43	4,21	3,17	2,17



Slika 20: Časovna emisija NO<sub>x</sub> za traženje parking mesta u JVČ u funkciji politike parkiranja

#### 4. ZAKLJUČAK

Prema očekivanjima, potvrđena je hipoteza da je traženje parking mesta direktno proporcionalno popunjenosti kapaciteta za parkiranje, kao i da je za kvalitetnu prognozu vremena traženja potreban još jedan parametar: strategija traženja parking mesta. Iako deluje da dužina putovanja, frekvencija parkiranja i lični prioriteti ne utiču na traženje oni su ipak indirektno uključeni kroz strategiju traženja parking mesta.

U radu je takođe pokazano da sa racionalnom politikom parkiranja mogu da se naprave značajne uštede u emisiji gasova staklene bašte i zagađivača i to samo na primeru jutarnjeg vršnog časa.

Kao pravci daljih istraživanja pokazala se potreba za preciznijom kvantifikacijom emisije merodavnog PA, ali i analiza efekata uvođenja restriktivnih mera na korišćenje PA sa zastarelim tehnologijama kontrole emisije (nižim EURO standardom) u centralnom gradskom području.

#### ZAHVALNICA

Autori izražavaju zahvalnost svim učesnicima u istraživanju koje je prikazano u ovom radu. Rad je podržan sredstvima projekta TR 36010 Ministarstva obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja R. Srbije.

#### LITERATURA

- [1] ECMT. (2000). Sustainable development - Sustainable transport policies, Council of Ministers, Prag, Češka
- [2] Milosavljević, N., Simićević, J. 2018. Parkiranje. 2. izdanje. Beograd: Saobraćajni fakultet
- [3] Milosavljević, N., Simićević, J. (2012). Politike parkiranja u funkciji efikasnog transportnog sistema, TES 2012, Subotica

- [4] CORDIS. (2001). Parking policy measures and their effects on mobility and the economy, COST 342, CORDIS
- [5] Mingardo, G., van Wee, B., Rye, T. (2015). Urban parking policy in Europe: A conceptualization of past and possible future trends. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74, 268-281.
- [6] Polak, J.W., Axhausen, K.W. (1990). Parking search behaviour: A review of current research and future prospects. *Transport Studies Units, Working Paper*, 540
- [7] Simićević, J., Vukanović, S., Milosavljević, N. (2013). The effect of parking charges and time limit to car usage and parking behaviour. *Transport Policy*, 30, 125-131.
- [8] Ommeren, J., Wentink, D., Rietveld, P. (2010). Empirical Evidence on Cruising for Parking. *TI Discussion Papers Series* (Int. rep. 10-028/3). Tinbergen Instituut
- [9] Mijailović, M., Milosavljević, N., Simićević, J. (2011). Vreme traženja slobodnog parking mesta. *Tehnika*, 66(4), 629-636.
- [10] Simićević, J., Momčilović, V., Milosavljević, N. (2013). Parking management as a means of decreasing air pollution in cities. *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria*
- [11] EEA. (2009). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2009 - Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Technical report, No 9/2009. European Environment Agency, Copenhagen
- [12] Jović, J., Djorić, V. (2009). Application of transport demand modelling in pollution estimation of a street network. *Thermal Science*. 13(3), 229-243.

## SUMMARY

### **PARKING POLICY AS AN INSTRUMENT FOR REDUCING PASSENGER CARS' HARMFUL EMISSIONS**

**Abstract:** *Passenger car related harmful gas emissions have become one of the most significant problems that cities worldwide are facing during the last thirty years. One of the approaches to harmful emissions reduction is certainly preventing or reducing traffic congestion in central urban areas and high trip-attraction zones. One of the congestion influence factors, i.e. (already low) traffic flow speed further reduction, is parking, that is search for a vacant on-street parking space. Since parking search is primarily due to the high occupancy of parking spaces, (better) parking management can affect its reduction. The paper presents the impact of parking time limit and parking price on the passenger cars' total parking search (cruising for parking) time, as well as their related harmful gases emissions. A survey presented in this paper was carried out in the central urban area of Belgrade, the so-called red parking zone, in order to examine the passenger car users' preference regarding the parking time limit and parking price variations. The potential benefits in the field of air pollution and fighting climate change due to the implementation of a balanced parking policy and on-street parking price were analysed in this paper.*

**Key words:** *parking management, parking regime, parking search time, CO2 emissions*

**GRUPA G**

---

**ITS I NOVE TEHNOLOGIJE U  
SAOBRAĆAJNOJ SIGNALIZACIJI I OPREMI**

---





## GRUPA G

# ITS I NOVE TEHNOLOGIJE U SAOBRAĆAJNOJ SIGNALIZACIJI I OPREMI

---

### **ITS U UPRAVLJANJU SAOBRAĆAJEM NA GRADSKIM KORIDORIMA**

*Stamenka Stanković, Nikola Čelar, Jelena Kajalić, Miloš Mladenović*

### **PREDNOSTI PRIMENE NOVIH TEHNOLOGIJA U OBLASTI SEMAFORIZACIJE RASKRSNICA**

*Biljana Ranković Plazinić, Milutin Đjenadić, Dejan Ivanović, Marijana Pantić, Aleksandar Salević, Božidar Vlačić*

### **UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA SA PRIMENOM NOVIH STANDARDA ZA SAOBRAĆAJANU SIGNALIZACIJU I OPREMU NA DRŽAVNOM PUTU A2, DEONICA SKOPLJE – TETOVO – GOSTIVAR, R. MAKEDONIJA**

*Olivera Petrovska, Jovan Hristoski, Andon Petrovski, Darko Spasenovski, Mile Biljanovski*

### **ISKUSTVA U PRIMENI PLASTIČNOG MATERIJALA – „HLADNE PLASTIKE“ – ZA OBELEŽAVANJE OZNAKA NA JAVNIM PUTEVIMA NA TERITORIJI GRADA BEOGRADA**

*Dragan Marković, Jelena Krtenić, Vladimir Tomović*

### **DOPUNSKA SIGNALIZACIJA RADI POBOLJŠANJA BEZBEDNOSTI BICIKLISTA U TUNELIMA T4 I T14 NA DRŽAVNOM PUTU IB-34, NA EUROVELU 6**

*Miroslav Derikonjić*

### **ISTRAŽIVANJE UTICAJA ZNAKOVA SA IZMENJIVIM SADRŽAJEM NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA U ZONI ŠKOLE**

*Goran Kalamanda, Miodrag Počuć, Igor Vukobratović, Mira Iličić Tomić, Srđan Zečević*

### **UPOTREBA SAVREMENE SAOBRAĆAJNE OPREME – BRZINSKI DISPLEJ SA RADAROM I TRČEĆI PEŠAK**

*Aleksandar Salević, Dejan Ivanović, Biljana Ranković Plazinić, Milutin Djenadić, Marijana Pantić, Božidar Vlačić*

### **INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI CITY LOGISTIKE SA OSVRTOM NA BiH**

*Abidin Deljanin, Ermin Muharemović, Mirza Berković*



# ITS U UPRAVLJANJU SAOBRAĆAJEM NA GRADSKIM KORIDORIMA

**Stamenka Stanković**, Saobraćajni fakultet, Beograd, s.stankovic@sf.bg.ac.rs

**Nikola Čelar**, Saobraćajni fakultet, Beograd, n.celar@sf.bg.ac.rs

**Jelena Kajalić**, Saobraćajni fakultet, Beograd, j.kajalic@sf.bg.ac.rs

**Miloš Mladenović**, Saobraćajni fakultet, Beograd, mmlad239@gmail.com

**Rezime:** *Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem predstavljaju kompleksan i važan činilac modernih ITS platformi, ali i moćan alat za poboljšanje uslova u saobraćajnim tokovima na gradskim koridorima. Cilj ovog rada je da se predstave osnovne mogućnosti automatskog sistema upravljanja saobraćajem na lokalnom nivou u funkciji hijerarhijski višeg sistema upravljanja koridorima. U radu su prikazani efekti primene ovakvog sistema na primeru studije slučaja.*

**Gljučne reči:** *adaptibilni sistemi, upravljanje koridorom, ITS*

## 1. UVOD

Upravljanje kapacitetom urbane saobraćajne mreže dominantno se oslanja na primenu svetlosnih signala, kojima se vrši vremenska preraspodela raspoloživog kapaciteta raskrsnice po prilazima, odnosno saobraćajnim tokovima.

Prostorna obuhvatnost upravljački jedinstvenog dela mreže uslovljava podelu sistema upravljanja saobraćajem putem svetlosnih signala na individualne raskrsnice, koridore i zone [1]. Svaki od navedenih podsistema ima određene funkcionalne karakteristike, specifičnu problematiku projektovanja i odgovarajuću ulogu u okviru jedinstvenog sistema upravljanja saobraćajem.

Individualna signalisana raskrsnica predstavlja raskrsnicu na kojoj je rad signala nezavistan u odnosu na raskrsnice u okruženju. U gradskog mreži raskrsnice se nalaze na relativno bliskim rastojanjima, stoga se upravljački efekti mogu ostvariti usaglašavanjem rada signala na susednim raskrsnicama. Međusobno usaglašeni rad signala duž linijske strukture mreže (koridora) naziva se koordinisani rad signala. Povećanje prostora upravljanja na

nivo delova mreže, zonsko upravljanje, najčešće se svodi na multipliciran postupak upravljanja koordinisanim koridorima. Efikasnost saobraćajnog procesa na ovim elementima mreže predstavlja primarni cilj upravljanja saobraćajem, a koordinisani rad svetlosnih signala najefikasniji način realizacije postavljenog cilja.

Razvoj novih tehnologija, omogućio je pojavu adaptibilnih sistema namenjenih za upravljanje radom svetlosnih signala duž koordinisanih koridora. Ovi kompleksni sistemi predstavljaju važan činilac modernih ITS platformi za upravljanje saobraćajem u gradovima.

Savremeni adaptibilni sistemi su uglavnom hijerarhijski strukturirani u dva nivoa funkcionisanja: strateški nivo (u kome se na bazi modela određuje sistemska dužina ciklusa, planovi faza na raskrsnicama i fazni pomaci) i lokalni nivo (u kome se na bazi logičkih algoritama, donose odluke o preraspodeli zelenog vremena po fazama na nivou raskrsnice). Lokalni nivo upravljanja na signalisanoj raskrsnici, čije se funkcionisanje zasniva na logičkom algoritmu, u literaturi se naziva automatski sistem upravljanja saobraćajem.

Cilj ovog rada je da se predstave osnovne mogućnosti, ograničenja i principi formiranja automatskog sistema upravljanja saobraćajem na lokalnom nivou, koji predstavlja deo hijerarhije adaptibilnog sistema upravljanja koordinisanim koridorima.

## 2. NAČINI UPRAVLJANJA SVETLOSNIH SIGNALIMA

Sistemi upravljanja svetlosnim signalima mogu se generalno podeliti na sisteme sa fiksnim i promenljivim načinom rada [2].

Kod fiksnog načina rada (eng. *fix-time*) parametri rada signala (ciklus, dužine zelenih) su nepromenljivi tokom određenog perioda vremena i utvrđuju se na osnovu istorijskih podataka o saobraćajnom opterećenju. Na raskrsnici

može biti uspostavljeno više fiksnih programa rada koji je menjaju po unapred definisanoj vremenskoj šemi.

Kod promenljivog načina rada (eng. *real-time*) parametri rada se konstantno prilagođavaju aktuelnom saobraćajnom zahtevu, na osnovu trenutnih, realnih podataka o parametrima saobraćajnog toka dobijenih sa detektora. Ovi sistemi se dele na dve osnovne grupe [3]:

- automatski ili sistemi bazirani na pravilima, odnosno algoritmima upravljanja;
- adaptibilni ili sistemi bazirani na modelima.

U Tabeli 1. predstavljen je detaljan prikaz i opis strategija upravljanja u okviru navedenih sistema [3].

Tabela 1: Načini upravljanja svetlosnim signalima (Izvor: RiLSA, 2010)

	Način upravljanja			Aktiviranje					Promenljivi elementi signalnog programa					
	Naziv	Opis	Broj	vremenski zavisno	saobraćajno zavisno	Ciklus	Redosled faza	Broj faza	Dužina zelenog	Ofset				
Makroskopski nivo	Izbor signalnog programa	Zavisno od vremena	A1	X							Varijabilnost elemenata signalnog programa moguća u zavisnosti od kombinacije sa strategijama upravljanja grupe B			
		Zavisno od saobraćaja	A2		X									
	Okvirni signalni programi	Zavisno od saobraćaja	A3		X									
Mikroskopski nivo	Izmene signalnih programa	Fiksni signalni program	B1											
		Izmena dužine zelenog	B2										X	
		Izmena redosleda faza	B3					X						
		"Preskakanje" faza	B4							X				
		Izmena početka signalnih grupa	B5											X
Pravljenje signalnih programa	Potpuna izmenjivost svih elemenata signalnog programa	B6				X	X	X	X	X				

## 3. AUTOMATSKI KOORDINISANI SISTEMI

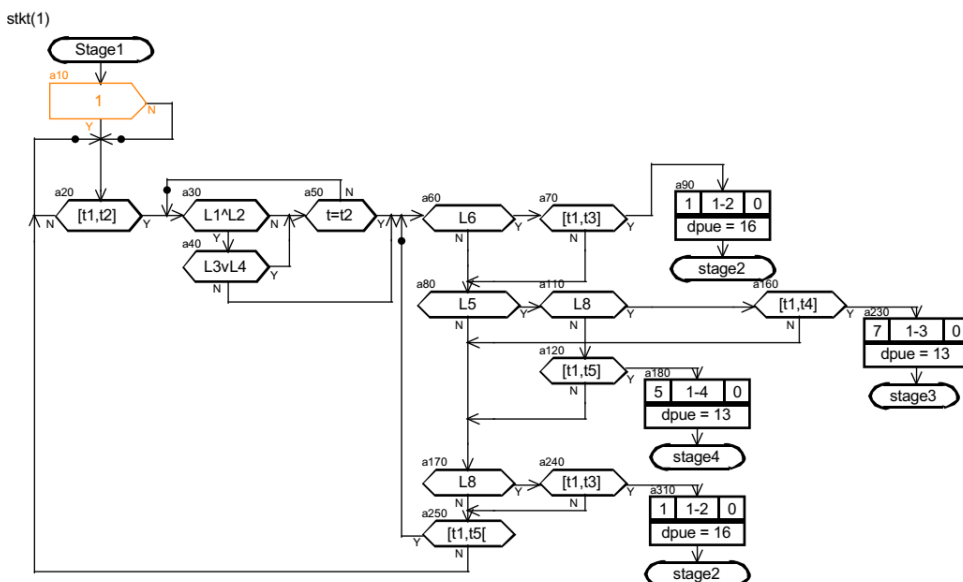
Osnovni cilj primene automatskog sistema upravljanja signalisanom raskrsnicom je preraspodela kapaciteta u skladu sa realnim podacima o saobraćajnim zahtevima dobijenih sa detektora. Na individualnoj raskrsnici, ovakvi sistemi daju mogućnost formiranja algoritamske logike upravljanja koja može da odgovori na različite upravljačke ciljeve i zahteve, što se postiže kroz naredne opcije:

- varijacija dužine zelenog po fazama od  $Z_{min}$  do  $Z_{maxi}$ ;
- varijacija dužine ciklusa;
- "preskakanje" pojedinih faza ukoliko ne postoje najave vozačkih i/ili pešačkih tokova;
- promena redosleda faza u skladu sa trenutnim zahtevima i definisanim prioritetima u opsluživanju;
- davanje prioriteta vozilima javnog prevoza;

- sprečavanje blokade susednih raskrsnica praćenjem dužine reda po trakama;
- ravnopravan tretman pešačkih i/ili biciklističkih tokova praćenjem njihovog vremena čekanja, itd.

Međutim, ukoliko se automatski sistem primenjuje na lokalnom nivou u okviru adaptibilnog sistema upravljanja na koridoru, njegova fleksibilnost je delimično ograničena. U ovakvim okolnostima ciljevi lokalnog upravljanja su podređeni ciljevima

adaptibilnog sistema koji funkcioniše na višem hijerarhijskom nivou. Formiranje logičkog algoritma upravljanja u tom smislu ima za osnovni cilj održanje kvaliteta koordinacije, a sekundarnim ciljem se smatra preraspodela raspoloživog kapaciteta između konfliktnih tokova na lokalnom nivou. Na Slici 1. prikazan je primer logičkog algoritma upravljanja na lokalnom nivou.



Slika 1: Primer logičkog algoritma kodiranog u programskom jeziku TRELAN [4, 5]

U narednom delu rada navedeni su osnovni principi formiranja logičkog algoritma upravljanja na lokalnom nivou.

Logički algoritam mora da se bazira na fiksnoj dužini ciklusa, odnosno dužini ciklusa koja je sistemski definisana na višem hijerarhijskom nivou.

Kako bi se u svakom ciklusu obezbedila efikasnost koordinacije, jedan od osnovnih principa kod formiranja algoritama je fiksiranje vremena opsluživanja tokova duž glavnog pravca, odnosno "zelenog talasa". Drugim rečima, vreme predviđeno za opsluživanje toka duž koridora ne sme biti predmet preraspodele na nivou

pojedinačne raskrsnice. Ovo vreme je uvek rezervisano za tok duž koridora i predstavlja pandan minimalnom zelenom vremenu ( $Z_{min}$ ) kod individualnih raskrsnica, s tom razlikom da se ne vrši rezervacija samo određene dužine zelenog vremena, već su poznati i tačni trenuci njegovog početka i kraja u okviru sistemskog ciklusa. Na ovaj način, fiksiranjem perioda opsluge toka duž koridora, postiže se primarni cilj ovog sistema - efikasnost koordinacije. Dužina zelenog rezervisana za "zeleni talas" zavisi od širine talasa primenjene na višem hijerarhijskom nivou i predstavlja jedan od



najuticajnijih faktora na kvalitet koordinacije. Veći period vremena rezervisan za "zeleni talas" doprinosi boljem kvalitetu koordinacije, ali se u tom slučaju smanjuje fleksibilnost automatskog sistema. U tom slučaju preostaje manje vremena u okviru ciklusa koje može biti predmet preraspodele u skladu sa aktuelnim zahtevima na lokalnom nivou. U suprotnom, manji rezervisan period vremena, stvara mogućnost optimalnije preraspodele kapaciteta raskrsnice prema trenutnim zahtevima, ali postoji mogućnost značajnog narušavanja kvaliteta koordinacije.

Preostalo vreme u ciklusu predmet je preraspodele između konfliktnih tokova u skladu sa definisanim prioritetima. Prioriteti u opsluživanju prevashodno su uslovljeni redosledom faza koji je definisan na višem hijerarhijskom nivou. Definisane prioriteta za preraspodelu viška kapaciteta predstavlja ključnu odluku koja se postavlja pred inženjera koji formira algoritam upravljanja. U realnim uslovima na signalisanoj raskrsnici najčešće istovremeno postoji više konkurentnih zahteva (najava levih skretanja, najava sporednog toka, najava vozila javnog prevoza, najava pešačkih tokova, itd.). Kreiranjem logičkog algoritma neophodno je jasno odgovoriti na svaku od mogućih kombinacija konkurentnih zahteva, pri čemu svaka inženjerska odluka mora biti opravdana ciljevima sistema upravljanja, a u skladu sa detaljnom analizom zahteva svih kategorija korisnika na raskrsnici. U tom smislu, prioritet javnog prevoza najčešće predstavlja dominantan zadatak pri formiranju logičkog algoritma upravljanja.

Formiranje logike upravljanja, kako na strateškom tako i na lokalnom nivou, predstavlja prvi korak prilikom projektovanja sistema upravljanja na

koridoru. U skladu sa formiranom logikom, u narednim koracima definiše se režim saobraćaja na koridoru i neophodnih fizičke komponente (broj, pozicije i tipovi detektora).

#### 4. EFEKTI PRIMENE KOORDINISANOG ADAPTIBILNOG SISTEMA - PRIMER ULICE VOJVODE STEPE

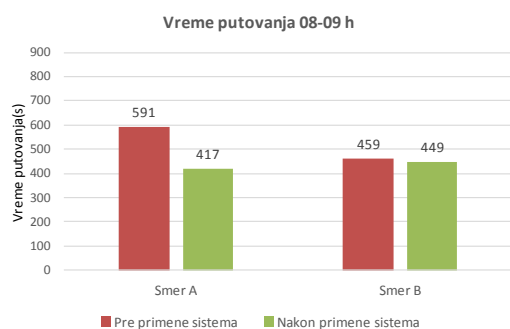
Na primeru Ulice vojvode Stepe, izvršena je analiza vremena putovanja, kao indirektnog pokazatelja nivoa usluge na koridoru, pre i posle primene koordinisanog adaptibilnog sistema upravljanja. Istraživanje vremena putovanja realizovana su u dva vremenska preseka: 2015. godine pre uspostavljanja adaptibilnog sistema, i 2018. godine nakon njegovog uvođenja. U oba preseka, istraživanja su vršena za dva karakteristična perioda, jutarnji i popodnevni vršni sat. Za istraživanje vremena putovanja korišćena je metoda "plutajućeg vozila", pri čemu su realizovana po tri snimanja u okviru svakog karakterističnog perioda.



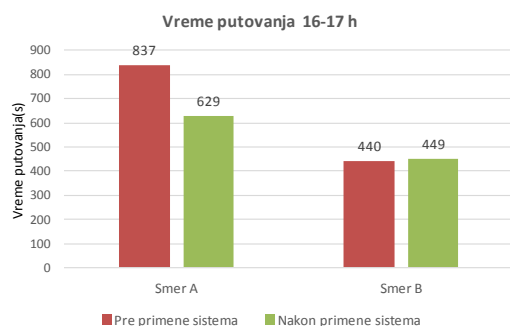
Slika 2: Lokacija istraživanja

Predmetna saobraćajnica ne predstavlja tipičan primer koridora koji je pogodan za primenu koordinisanog rada signala, zbog brojnih nedostataka koji utiču na kvalitet koordinacije: jedna saobraćajna traka po smeru, nepotpuna kontrola pristupa koridoru, ulično parkiranje i snabdevanje, mešovite trake za levo skretanje, itd.

Iz rezultata istraživanja, prikazanih na narednim histogramima, može se zaključiti da je, i pored navedenih nedostataka, primenom adaptabilnog sistema na posmatranom koridoru ostvarena ušteda u vremenu putovanja, pre svega u smeru A (ka Autokomadi), dok je u smeru B došlo do neznatne promene. Efekti primene ovog sistema su naročito značajni imajući u vidu da je došlo do generalnog porasta saobraćajnog opterećenja na koridoru.



Grafik 1: Vreme putovanja, jutarnji vršni sat



Grafik 2: Vreme putovanja, popodnevni vršni sat

Konačna ocena efekata primene automatskog koordinisanog sistema, u konkretnom slučaju, treba da obuhvati i

analizu vremena putovanja javnog prevoza, kao i analizu nivoa usluge nemotorizovanih korisnika.

## 5. ZAKLJUČAK

Iako promenljiv način rada signala ima nedvosmislene funkcionalne prednosti u odnosu na fiksni, njegova primena nije uvek i opravdana. Izbor načina upravljanja dominantno zavisi od neravnomernosti saobraćajnog opterećenja i stepena iskorišćenja kapaciteta.

Primenom promenljivih sistema upravljanja na individualnoj raskrsnici obezbeđuje se velika fleksibilnost upravljanja. S druge strane, ukoliko je raskrsnica u okviru složenog sistema upravljanja (koridor ili zona), ciljevi lokalnog upravljanja su podređeni hijerarhijski višem sistemu, što dovodi do manje fleksibilnosti upravljačkih akcija na lokalnom nivou.

Savremeni koncept upravljanja gradskim koridorima dominantno se bazira na primeni adaptabilnih sistema (MOTION, BALANCE, RHODES, ACDSS, INES...), koji predstavljaju gotove pakete inženjerskih rešenja, sa ugrađenim modelima i algoritmima koji imaju ograničene mogućnosti modifikacije [6]. Međutim, na efekte upravljanja na koridoru značajan uticaj može imati struktura upravljačke logike formirane na lokalnom nivou.

## ZAHVALNICA

Rad je sastavni deo naučno-istraživačkog projekta "Uticaj globalnih izazova na planiranje saobraćaja i upravljanje saobraćajem u gradovima" TR36021 Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Čelar, N. i ostali. 2018. Osnove upravljanja svetlosnim signalima, Beograd: Saobraćajni fakultet.

- [2] FGSV. (2010). Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr (RiLSA). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 321.
- [3] FHWA. (2009). The Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- [4] Gevas software Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH. (2010). openTRELAN, Version 5.0, Benutzerhandbuch. München.
- [5] Gevas software Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH. (2010). TRENDS, Version 5.0, Benutzerhandbuch. München.
- [6] Gevas software Systementwicklung und Verkehrsinformatik GmbH. (2010). Adaptive network control BALANCE - User Manual, Benutzerhandbuch. München.

## SUMMARY

### ITS IN URBAN ARTERIAL TRAFFIC CONTROL

**Abstract:** *Adaptive traffic control systems, a very important part of modern ITS platforms, represent a complex, but also a powerful tool for improving traffic flow conditions on urban arterials. The aim of this paper is to present primary capabilities of adaptive traffic control systems on a local level as part of a, hierarchically higher, arterial control systems. A case study, presented in this paper, illustrates the effect of adaptive systems application in real conditions.*

**Key words:** *adaptive traffic control systems, arterial signal control, ITS*

## PREDNOSTI PRIMENE NOVIH TEHNOLOGIJA U OBLASTI SEMAFORIZACIJE RASKRSNICA

**Biljana Ranković Plazinić**, Model 5 doo, Beograd, biljana.rankovic@model5.rs

**Milutin Đjenadić**, Model 5 doo, Beograd, milutin@model5.rs

**Dejan Ivanović**, Model 5 doo, Beograd, dejan.ivanovic@model5.rs

**Marijana Pantić**, Model 5 doo, Beograd, marijana.pantic@model5.rs

**Aleksandar Salević**, Model 5 doo, Beograd, aleksandar.salevic@model5.rs

**Božidar Vlačić**, Model 5 doo, Beograd, bozidar.vlacic@model5.rs

**Rezime:** *Raskrsnice regulisane svetlosnim signalima su važan segment saobraćajne mreže u gradovima. Većinu gradova u Srbiji karakteriše klasičan izgled raskrsnica i fiksni način rada svetlosnih signala, uz prilično bojažljivo uvođenje inteligentnih transportnih sistema i druge opreme koja osavremenjuje funkcionisanje semaforisanih raskrsnica. Međutim, tehnološka dostignuća tokom poslednje decenije omogućila su primenu relativno jeftinih, a efektivnih rešenja, koja doprinose unapređenju efikasnosti rada svetlosnih signala i bezbednosti učesnika u saobraćaju, naročito pešaka i biciklista. Motiv za projektovanje takvih rešenja bile su savremene navike i potrebe učesnika u saobraćaju.*

*U ovom radu je dat pregled novih tehnologija i rešenja, uključujući koordinisani rad svetlosnih signala duž poteza, LED elemente, laserske zavese i svetleće stubove nosače svetlosnih signala, pri čemu je jasno ukazano na prednosti primene na semaforisanim raskrsnicama u odnosu na njihov klasičan način rada i izbor opreme.*

*Cilj rada je da se kroz vrednovanje efekata primene novih tehnologija pomogne potencijalnim investitorima u procesu odlučivanja, tj. da se stvori osnova za donošenje informisanih odluka o implementiranju novih rešenja na raskrsnicama regulisanim svetlosnim signalima.*

**Ključne reči:** *svetlosni signali, raskrsnica, savremena saobraćajna oprema*

### 1. UVOD

Opsluživanje konfliktnih saobraćajnih tokova u gradovima je izazov na koji se u mnogim slučajevima odgovara uvođenjem svetlosnih signala. Iako svetlosni signali nisu „lek za sve“, njihova upotreba je uz savremena tehničko-tehnološka rešenja dobila razne oblike koji su proširili domen njihove primene. Ipak, većinu gradova u Srbiji karakteriše klasičan izgled raskrsnica i fiksni način rada svetlosnih signala. Premda se inteligentni transportni sistemi i oprema uveliko primenjuju u svetu, naročito u gradovima, njihova implementacija u Srbiji se još uvek sporo odvija.

### 2. KRITERIJUMI UVOĐENJA SVETLOSNIH SIGNALA NA RASKRSNICAMA

#### 2.1. Osnovni kriterijumi

Postoji više kriterijuma na osnovu kojih se može doneti odluka da li svetlosne signale treba uvoditi ili ne [1, 2, 3]. To su:

- Kriterijum protoka, koji se zasniva na minimalnom/maksimalnom protoku vozila na glavnom/sporednom pravcu i minimalnom protoku pešaka na pešačkim prelazima (kriterijum mora biti ispunjen tokom najmanje 8 sati),
- Kriterijum vremenskih gubitaka vozila na sporednom pravcu, koji se zasniva

na prekidanju zelene faze za vozila na glavnom pravcu radi opsluživanja vozila na sporednom pravcu sa mnogo manjim obimom saobraćaja;

- Kriterijum prioriteta, koji se zasniva na davanju prioriteta vozilima javnog gradskog prevoza ili vozilima hitnih službi;
- Kriterijum bezbednosti saobraćaja, koji se zasniva na broju saobraćajnih nezgoda na predmetnoj raskrsnici ili saobraćajnom čvoru, ponderisanom prema težini posledica saobraćajnih nezgoda;
- Režimski kriterijum, koji se zasniva na uklapanje posmatrane raskrsnice u širi obuhvat upravljanja saobraćajem, poput linijske koordinacije;
- Kombinovani kriterijum, koji se koristi kada raskrsnica ne ispunjava nijedan kriterijum u dovoljnoj meri, ali ispunjava dva ili više kriterijuma do vrednosti od 80% propisane granične vrednosti za te kriterijume.

Premda su navedeni kriterijumi u širokoj upotrebi, postoje određene studije koje ukazuju na to da su oni nepouzdati i da mogu dovesti do pogrešne odluke o izboru načina regulisanja raskrsnice. Prema [4], uzroci njihove nepouzdanosti su to što se ne uzima u obzir raspodela saobraćaja po prilazima i procenat vozila u levom/desnom skretanju; što nema posebnih graničnih vrednosti za trokrake raskrsnice i to što se neki kriterijumi zasnivaju na obeležjima raskrsnice u celini, a ne na obeležjima pojedinih prilaza.

## **2.2. Uvođenje svetlosnih signala na raskrsnicama u cilju ispunjenja uslova za polaganje praktičnog dela vozačkog ispita**

Pošto su raskrsnice regulisane svetlosnim signalima važan segment saobraćajne mreže u gradovima, potrebno

je da praktična obuka vozači obuhvati i vožnju na takvim raskrsnicama. Prema Pravilniku o uslovima koje mora ispunjavati naseljeno mesto u kojem se obavlja polaganje praktičnog ispita kandidata za vozače i vođenju evidencija o mestima koja ispunjavaju propisane uslove [5], potrebno je da postoje najmanje dve raskrsnice na kojima je saobraćaj regulisan semaforom, pri čemu:

- najmanje na jednoj od njih najmanje jedan semafor mora da ima dodatni saobraćajni znak u obliku zelene strelice (uslovni znak);
- najmanje jedan semafor mora emitovati direkcione svetlosne saobraćajne znakove.

## **3. MERE UNAPREĐENJA UPRAVLJANJA SAOBRAĆAJEM U GRADOVIMA SRBIJE**

### **3.1. Zamena klasičnih sijalica LED diodama**

LED diode imaju primenu u mnogim oblastima, a njihove karakteristike ih čine idealnim za primenu u saobraćaju. One se mogu ugraditi u vozačke i pešačke lanterne umesto klasičnih sijalica, bez potrebe za filtriranjem svetlosti kroz sočiva.



*Slika 21: Pešačka lanterna sa LED diodama (Izvor: [6])*

Svetlost koju emituju je jasnija, jer je raspodela svetlosti po celoj površini ravnomerna. a prednosti njihove ugradnje u lanterne u odnosu na klasične sijalice su:

- Pouzdaniji rad semaforskih uređaja;
- Bolja vidljivost pri izloženosti sunčevoj svetlosti;



- Desetostruko duži vek trajanja;
- Manja potrošnja električne energije;
- Viši nivo bezbednosti saobraćaja usled manje učestalosti prekida rada signala.

Tabela 9: Karakteristike klasičnih sijalica i LED dioda (Izvor: [7])

	<i>Klasična sijalica</i>	<i>LED dioda</i>
<b>Potrošnja energije</b>	150 W	10-25 W
<b>Vek trajanja</b>	100 000 h	2000 h
<b>Cena</b>	17 €	60 €
<b>Okvirni godišnji troškovi rada</b>	8760 RSD	1752 RSD

Najveća ušteda po osnovu zamene klasičnih sijalica LED diodama ostvaruje se kod crvenog svetlosnog signala, jer on troši više energije nego žuti i zeleni svetlosni signal i ima veće učešće u ciklusu u odnosu na žuti i zeleni svetlosni signal (oko 60%, prema [7]).

### **3.2. Povećavanje trenja kolovoza ispred raskrsnice**

Ispred signalisanih raskrsnica se neretko dešava da vozač loše proceni koliko ima vremena do paljenja crvenog svetlosnog signala, te nije u mogućnosti da se za raspoloživo vreme zaustavi pre linije zaustavljanja. Da bi se ublažio rizik u takvim slučajevima, kolovozni zastor na delu ulice ispred raskrsnice se može brušiti specijalnom glodalicom, čime se povećava koeficijent trenja i skraćuje zaustavni put. Pored toga, na isti način se mogu formirati udubljenja u kolovozu koja imaju sličan efekat kao vibrirajuće trake, a bojenjem udubljenja se postiže da vozač ima utisak da na kolovozu zaista postoji neka vrsta saobraćajne opreme, što dovodi do instinktivnog smanjenja brzine.

### **3.3. Trepćući svetlosni signal ispred raskrsnice**

U cilju unapređenja bezbednosti saobraćaja, tj. blagovremenog prilagođavanja brzine kretanja vozila, ispred signalisane raskrsnice, ali i prilaza naplatnim rampama, postavljaju se trepćući svetlosni signali na određenoj udaljenosti od same raskrsnice/rampe, koji obaveštavaju vozače o nailasku na raskrsnicu regulisanu svetlosnim signalima. Ovakvi signali se postavljaju pored kolovoza i imaju solarno napajanje, te su ekonomični u pogledu potrošnje energije, održavanja i administrativnih zahteva u vezi sa njihovim postavljanjem.

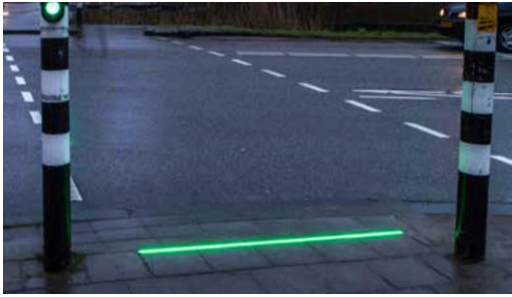
### **3.4. Dodatno informisanje pešaka o trenutnoj pešačkoj fazi**

U cilju sprečavanja da pešaci na semaforisanoj raskrsnici, usled neke vrste ometanja (usredsređenost na korišćenje pametnog telefona, zadubljenost u sopstvene misli), ne primete koja pešačka faza je trenutno aktuelna, na deo trotoara ispred pešačkog prelaza se mogu postaviti svetleće trake (Slika 22 i Slika 23). Boja svetlećih traka je usaglašena sa pešačkom fazom (crvena/zelena), pri čemu emituje trepćuće svetlo kada najavljuje promenu faze. Umesto svetleće trake, u kolovoz se mogu ugraditi retroreflektujuć markeri sa istom funkcijom.



Slika 22: Svetleća traka koja upozorava pešake da je prelazak ulice zabranjen (Izvor: [8])





Slika 23: Svetleća traka koja informiše pešake da je prelazak ulice dozvoljen (Izvor: [8])

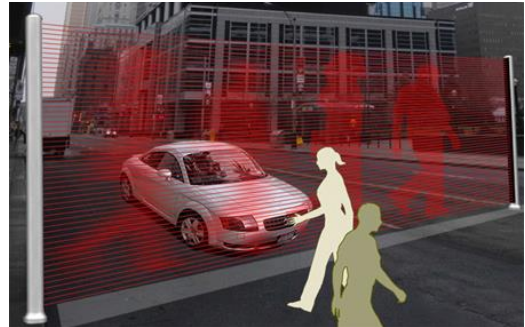
Ovaj koncept je prvo uveden u Nemačkoj, u Augzburgu. Pošto se ispostavilo da je uspešan, primenjen je i u Australiji i u Holandiji. U pilot projektu je implementiran na raskrsnicama u blizini škola, jer je utvrđeno da mnoga deca često stupe na kolovoz gledajući u telefon, bez osmatranja udaljenosti vozila.

Informisanje o trenutnoj pešačkoj fazi je vrlo važno kada se govori o slepim i slabovidim licima. Stoga raskrsnice/pešački prelazi u zoni atraktivnih sadržaja treba da budu opremljene ne samo uređajima za najavu pešaka, kada se prekida zelena faza za vozila, već i da sadrže taktilne elemente i emituju zvučne signale koji će pouzdano informisati ovu kategoriju učesnika o saobraćaju o trenutnoj fazi i geometriji raskrsnice. Taktilne površine za vođenje slepih i slabovidih lica u zoni raskrsnice/pešačkog prelaza kompletiraju informaciju i deo su savremenog urbanog koncepta koji propagira pristupačnost sadržaja svim korisnicima.

### 3.5. Informisanje vozača o trenutnoj fazi

Među novim rešenjima za dodatno informisanje vozača jeste primena laserskih zavesa (virtuelnih zidova) (Slika 24 i Slika 25), koje obaveštavaju vozače da pešaci trenutno prelaze preko pešačkog prelaza, i svetleći stubovi nosači semafora, čija je boja usklađena sa trenutno važećom fazom za vozila. Ova rešenja prvenstveno doprinose boljoj

uočljivosti aktuelne faze za vozila i/ili pešake i manjoj verovatnoći da vozači/pešaci usled ometanja previde kome je dozvoljen prolazak kroz raskrsnicu.



Slika 24: Laserska zavesa ispred pešačkog prelaza (Izvor [9])



Slika 25: Svetleći stubovi nosači saobraćajnih znakova (Izvor: [10])

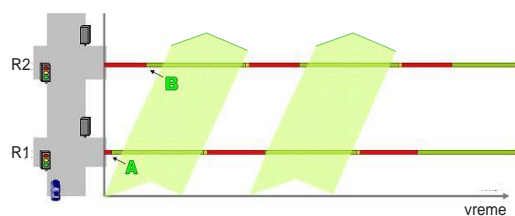


Slika 26: Semafor ponavljač za vozača prvog vozila u redu ispred semafora

U određenim slučajevima, kada je linija zaustavljanja na signalisanoj raskrsnici previše blizu stuba nosača semafora, vozač prvog vozila ne vidi koji svetlosni signal se trenutno emituje. Taj problem se može rešiti postavljanjem semafora ponavljača na istom stubu nosaču, na visini od 1,2 m do 1,4 m od tla, sa prečnikom kruga svetla od 100 mm (Slika 26).

### 3.6. Mini koordinacija

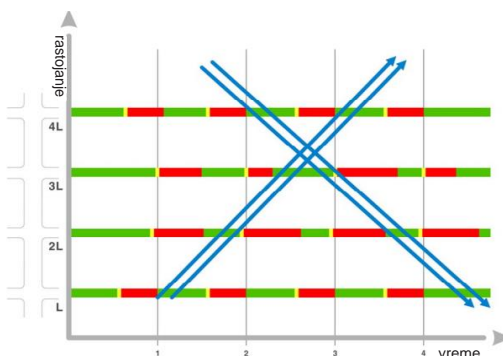
U gradovima je čest slučaj da se na kratkom rastojanju nalaze dve raskrsnice, od kojih je najmanje jedna regulisana svetlosnim signalima. Neminovno je da funkcionisanje jedne raskrsnice utiče na funkcionisanje druge raskrsnice. Da bi se sprečilo nakupljanje vozila u redu na delu kolovoza između dve raskrsnice, preporučuje se izrada projekta tzv. „mini“ koordinacije, čiji je izlaz usklađen rad svetlosnih signala sa manjim vremenskim gubicima po vozilu.



Slika 27: P-V dijagram u slučaju mini koordinacije (Prilagođena slika, izvor: [11])

### 3.7. Linijska koordinacija

Što se tiče semaforizacije raskrsnica, u većini gradova u Srbiji se semafori uvode na individualnim raskrsnicama, čiji se rad posmatra nezavisno u odnosu na rad semafora na susednim raskrsnicama. Međutim, linijska koordinacija (tzv. „zeleni talas“) (Slika 28) može doneti značajne uštede u vremenu u odnosu na kretanje vozila kroz više semaforisanih raskrsnica koje nisu u koordinaciji.



Slika 28: P-V dijagram u slučaju linijske koordinacije rada svetlosnih signala na četiri raskrsnice (Izvor: [12])

Za uvođenje linijske koordinacije pogodne su sledeće saobraćajnice [12, 13, 14]:

- Saobraćajnice sa prostorno bliskim raskrsnicama (na međusobnom rastojanju do 400 m, mada se u literaturi pominju i veće maksimalne udaljenosti do 1200 m), sa relativno velikim protokom vozila između njih;
- Saobraćajnice sa relativno malim procentom levih/desnih skretanja, tj. saobraćajnice gde je većina vozila „u tranzitu“;
- Ulice u kojima je zabranjeno parkiranje.

Prednosti uvođenja linijske koordinacije su:

- manji broj zaustavljanja na koridoru;
- kraće vreme putovanja duž koridora;
- veći kapacitet deonice;
- manja disperzija brzina vozila u saobraćajnom toku;
- manji broj saobraćajnih nezgoda;
- održavanje visokog ranga saobraćajnice;
- povoljniji ekološki uticaji.

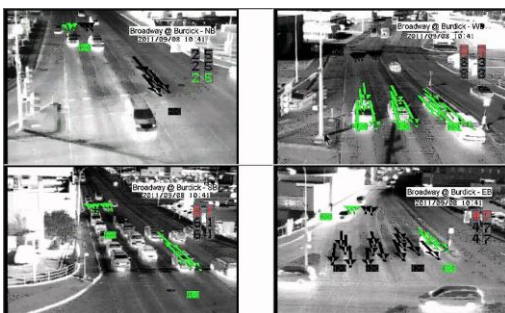
### 3.8. Adaptibilni sistemi upravljanja saobraćajem

Rad adaptibilnih sistema upravljanja saobraćajem zasnivaju se na podacima u realnom vremenu, dobijenim sa detektora.

U praksi postoje razni oblici adaptibilnog upravljanja. U našim uslovima postoji velika potreba za primenom poluautomatskih sistema, u slučajevima gde je saobraćajni zahtev sa sporednog pravca neredovan ili dosta manji u odnosu na glavni pravac. Detektor postavlja na sporednom pravcu i najavljuje da vozila sa tog pravca ispostavljaju zahtev za prolaskom kroz raskrnicu. Opsluživanje vozila na glavnom pravcu se prekida samo kada postoji najava vozila sa sporednog pravca. Na taj način se čuva nivo usluge na glavnom pravcu i smanjuju vremenski gubici vozila sa sporednog pravca. Ovakvi sistemi se primenjuju u blizini vatrogasnih stanica, fabrika i drugih objekata gde se saobraćajni zahtev povremeno ispostavlja.

### 3.9. Termalne kamere

Termalne kamere svojim karakteristikama prevazilaze nedostatke klasičnih video kamera za nadgledanje uslova saobraćaja. One daju jasnu sliku na osnovu suptilnih razlika u emitovanju toplote, te stoga ne zahtevaju osvetljenje, nesmetano rade ako su direktno izložene sunčevoj svetlosti i vrše neprekidnu detekciju vozila i nemotorizovanih učesnika u saobraćaju, bez obzira na uslove osvetljenja i vidljivosti. Njihov rad se zasniva na algoritmima koji generišu razne vrste podataka (podatke o prisutnosti, incidentnim situacijama i sl.).



Slika 29: Primer nadgledanja saobraćaja na raskrsnici pomoću termalnih kamera (Izvor: [15])

Sistem se može povezati sa drugim sistemima, poput svetlosnih signala i saobraćajnih znakova sa izmenljivim sadržajem, koji će menjati svoj način rada u zavisnosti od podataka dobijenih sa termalnih kamera.

## 4. ZAKLJUČAK

Napredak tehnologije omogućio je da se u gradovima primene razni oblici rada svetlosnih signala, koji su mnogo fleksibilniji u odnosu na klasičan način njihovog rada. Na taj način se može bolje udovoljiti potrebama različitih kategorija učesnika u saobraćaju i efikasnije iskoristiti postojeći kapacitet ulične mreže, uz istovremeno unapređenje bezbednosti saobraćaja, naročito ranjivih učesnika u saobraćaju. Nova rešenja se temelje na činjenici da su učesnici u saobraćaju danas izloženi raznim vrstama ometanja, te ih treba bolje informisati o neposrednim rizicima.

## LITERATURA

- [1] Vukanović, Smiljan. 2008. Upravljanje saobraćajem na raskrnicama. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [2] Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD). 2000. Dostupno na: <http://legistar.cityofmadison.com/attachments/21dd525e-5783-4c5f-997d-63357dc9b64b.pdf> (poslednji put pristupljeno 17.9.2018.).
- [3] Texas Transportation Institute. 2008. Traffic Signal Warrants Guidelines for Conducting a Traffic Signal Warrant Analysis, 2nd Edition. USA: Texas Department of Transportation (TxDOT).
- [4] D. Cvitanic, I. Lozic, D. Breski. (2005) An analysis of intersection traffic signal warrants. Promet- Traffic- Traffico, 17(1), 25-32.
- [5] PRAVILNIK o uslovima koje mora ispunjavati naseljeno mesto u kojem se obavlja polaganje praktičnog ispita

- kandidata za vozače i vođenju evidencija o mestima koja ispunjavaju propisane uslove. Službeni glasnik RS br. 55 od 25. juna 2013, 65 od 27. juna 2014, 50 od 9. juna 2015, 36 od 13. aprila 2017, 65 od 30. juna 2017.
- [6] <http://www.automatskisistemi.rs/wp-content/uploads/2013/11/Semafor-ASF25L2RV.jpg>
- [7] <https://nhsaves.com/blog/led-traffic-signals-a-brighter-choice/>
- [8] <https://www.techspot.com/news/68207-sidewalk-traffic-lights-designed-smartphone-addicts-appear-another.html>.
- [9] <http://www.toxel.com/tech/2009/11/18/innovative-laser-crosswalk-concept/>
- [10] [https://www.reddit.com/r/Cyberpunk/comments/565t0r/ukrainian\\_traffic\\_light\\_s/](https://www.reddit.com/r/Cyberpunk/comments/565t0r/ukrainian_traffic_light_s/)
- [11] <https://www.tmr.qld.gov.au/Travel-and-transport/Road-and-traffic-info/Traffic-Signals-Information.aspx>.
- [12] Federal Highway Administration. 2008. Traffic Signal Timing Manual.
- [13] Mathew, T. 2014. Transportation Systems Engineering. Chapter 38 - Coordinated Traffic Signal. IIT Bombay.
- [14] National Association of City Transportation Officials. 2013. Urban Street Design Guide. ISBN: 9781610914949
- [15] <https://www.flir.com/applications/public-safety/>

## SUMMARY

### BENEFITS OF USING NEW TECHNOLOGIES IN THE AREA OF INTERSECTION TRAFFIC LIGHTS IMPLEMENTATION

**Abstract:** *Signalized intersections are an important part of urban street network. Most cities in Serbia are characterized by a traditional intersection layout and fixed-time signal timing with pretty shy introduction of intelligent transport systems and other equipment modernizing the operation of signalized intersections. However, technological development made during the last decade has enabled to apply relatively low-cost but efficient solutions contributing improvement of the traffic light operating efficiency and road user safety, especially pedestrian and cyclist safety. A motive to design such solutions were contemporary habits and needs of road users.*

*This paper gives an overview of new technologies and solutions including coordinated signal timing along a corridor, LED elements, laser curtain (virtual wall) and illuminating traffic signal poles, whereby it is clearly point out to the advantages of their application on signalized intersections compared to traditional traffic signal operation and equipment choice. Based on new technology effect evaluation, the aim of this paper is to help potential investor in decision making process, i.e. to create a base for making informed decisions on new solutions implementation on signalized intersections.*

**Key words:** *traffic lights, intersection, modern traffic equipment*



# UNAPREĐENJE BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA SA PRIMENOM NOVIH STANDARDA ZA SAOBRAĆAJANU SIGNALIZACJU I OPREMU NA DRŽAVNOM PUTU A2, DEONICA SKOPLJE – TETOVO – GOSTIVAR, R. MAKEDONIJA

**Olivera Petrovska**, Univerzitet Majka Tereza Skopje, Tehnički fakultet,  
*olivera.petrovska@unt.edu.mk*

**Jovan Hristoski**, Univerzitet Majka Tereza Skopje, Tehnički fakultet,  
*jani.hristoski@unt.edu.mk*

**Andon Petrovski**, 24 ING dooel Bitola, *24ingbt@gmail.com*

**Darko Spasenovski**, 24 ING dooel Bitola, *spasenovskidarko@gmail.com*

**Mile Biljanovski**, Grad Skopje, *mile.biljanovski@skopje.gov.mk*

**Rezime:** *Saobraćaj je kretanje ljudi, vozila i informacija u određenom prostoru. Savremeni drumski saobraćaj zahteva veliki stepen saobraćajne sposobnosti u smislu brzine i preciznosti, veliki stepen bezbednosti saobraćaja, ekonomičnosti i udobnosti. Na sigurnost i efikasnost drumskog saobraćaja podjednako utiču tri glavna faktora: put, vozilo i vozač. Saobraćaj je složen fenomen u kojem postoji mnogo konfliktnih situacija. Tehničke karakteristike puta za motorni saobraćaj treba da proističu iz dinamike vozila i uslova stabilnosti, psihološkog i vizuelnog komfora. Saobraćajna signalizacija, kao sastavni deo puta, je sistem čije dobro funkcionisanje direktno utiče na stepen bezbednosti saobraćaja. Saobraćajna signalizacija mora biti usaglašena sa postojećim propisima zarad povećanja bezbednosti saobraćaja, čime se smanjuje broj saobraćajnih nezgoda. U ovom radu će biti predstavljena primena novih standarda za saobraćajnu signalizaciju i opremu na deonici Skoplje – Tetovo – Gostivar radi povećanja bezbednosti.*

**Ključne reči:** *saobraćajna signalizacija, bezbednost saobraćaja, pravilnici i standardi*

## 1. UVOD

Bezbednost na putevima predstavlja značajnu komponentu za ostvarivanje transportne funkcije. Opšte gledano, svaki deo drumskog saobraćaja u sebi nosi opasnost po bezbednost i život ljudi. Kontinualna bezbednost saobraćaja na putevima se može obezbediti permanentnom analizom dešavanja na putevima i postavljanjem odgovarajuće horizontalne i vertikalne signalizacije, kao i saobraćajne opreme na putevima.

Cilj rada je da na razmatranoj deonici državnog puta A2, Skoplje – Tetovo – Gostivar, u R. Makedoniji, svi učesnici budu

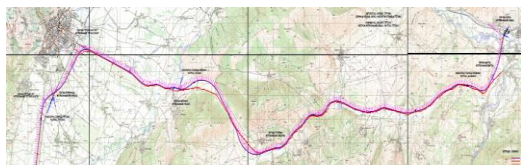
blagovremeno, jasno, transparentno i nedvosmisleno informisani o putnim pravcima ka određenim krajnjim destinacijama, kao i o režimu saobraćaja na određenoj deonici puta sa obezbeđenim potrebnim nivoom usluga za bezbedno i neometano odvijanje saobraćaja. Svakako, da bi sve prethodno navedeno bilo zadovoljeno, potrebno je da se primene najnoviji standardi za saobraćajnu signalizaciju i opremu u R. Makedoniji.

## 2. PODRUČJE DELOVANJA

Područje koje je razmatrano u ovom radu je deonica Državnog puta A2 od petlje Saraj do površinske raskrsnice Zdunje u

Gostivaru, od km0+000.00 (29+730.00) do km57+500.00 (87+230.00). Predmetna deonica puta je deo Panevropskog Koridora VIII, sa oznakom E65, koji na severu počinje u Malmeu u Švedskoj, i na jugu se završava u Haniji u Grčkoj, a u R. Makedoniji se poklapa sa putem nacionalne oznake A2. Državni put A2 je, u saglasnosti sa zakonskom regulativom, na deonici od km53+600.00 do km57+500.00, kategorisan kao Autoput, a na deonici od km0+000.00 do km57+500.00, kategorisan je kao Magistralni put.

Duž deonice Autoputa ima 11 denivelisanih čvorova, Saraj, Matka, Grupčin, Želino, Tetovo Istok, Brvenica, Tetovo Jug, Kamenjanje, Žerovjane, Negotino, Vrapčište, a na Magistralnom putu je jedan čvor - Gostivar. Na Autoputu ima i 4 naplatne stanice Glumovo, Želino, Tetovo i Gostivar i 8 pratećih uslužnih objekata, a jedan prateći uslužni objekat je na Magistralnom putu. Na slici 1 je prikazana deonica autoputa Skoplje – Tetovo, a na slici 2 prikazana je deonica magistralnog puta Tetovo – Gostivar.



Slika 1. Prikaz deonice u smer Skoplje - Tetovo



Slika 2: Prikaz deonice u smer Tetovo - Gostivar

Deo područja delovanja je i okruženje Autoputa sa svim denivelisanim čvorovima, podvožnjacima i nadvožnjacima, pristupnim putevima, putnim prolazima, pratećim uslužnim objektima i pojasom puta.

### 3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA DEONICE

Na trasi puta izvršeno je kompletno geodetsko snimanje, kao i snimanje postojeće saobraćajne signalizacije i opreme od petlje Saraj do površinske raskrsnice Zdunje, od km0+000.00 (297+730.00) do km57+500.00 (87+230.00).

Na Državnom putu A2 na deonici od km0+000.00 do km 53+600.00, koji je kategorisan kao Auto put, saobraćaj se odvija u jednom smeru, a na deonici Magistralnog puta od km53+600.00 do km57+500.00 saobraćaj se odvija u dva smera.

Nakon obilaska terena, pregleda geodetskih snimaka trase puta i pregleda postojeće dokumentacije, utvrđena je građevinska konfiguracija osnovne trase puta, petlji, naplatnih stanica, pratećih uslužnih objekata, kao i stanje saobraćajne signalizacije i opreme.

Nakon izvršenih analiza, konstatovano je sledeće:

- Dimenzije poprečnog profila puta na autoputu, na određenim deonicama, odstupaju od potrebnog standardnog poprečnog profila za autoput;
- Neodgovarajući prateći uslužni objekti na osnovnoj trasi puta, u blizini petlji ili naplatnih stanica;
- Lokacije naplatnih stanica na glavnom putnom pravcu usporavaju kretanje vozila;
- Duž trase puta postoje reklamni panoi nestandardnih dimenzija u vidnom polju vozača koji utiču na smanjenje bezbednosti saobraćaja;
- Na deonici autoputa Saraj – Klarpalak postoji drvored u razdelnom pojasu autoputa koji na određenim mestima nema postavljenu zaštitnu čeličnu ogradu, čime je ugrožena bezbednost saobraćaja;



- Neredovno održavanje zelenila pored puta i u razdelnom pojasu.
- Pri snimanju trase puta utvrđeni su „divlji“ zemljani pristupi koji ugrožavaju bezbedno odvijanje saobraćaja.

Stanje postojeće saobraćajne signalizacije i opreme duž Državnog puta A2, utvrđeno je obilaskom terena, fotografisanjem, snimanjem video zapisa, a napravljena su i specifična merenja instrumentom za merenje klase refleksije na materijalima sa reflektivnim osobinama od kojih su izrađeni saobraćajni znakovi.

Posle izvršenih analiza utvrđeno je:

- Na postojećim saobraćajnim znakovima vertikalne signalizacije, osnovna boja je žuta i nije u saglasnosti sa novom zakonskom regulativom i standardizacijom;
- Na postojećim predputokaznim tablama i portalima konstatovane su neodgovarajuća boja i dimenzije prema kategoriji puta;
- Klasa refleksije, kod svih saobraćajnih znakova je smanjena do 80%;
- Kod petlji nisu primenjena sva 4 normativna stepena obaveštenja vođenja saobraćaja;
- Nedostaje veliki deo neophodne vertikalne signalizacije, kako na glavnom putnom pravcu, tako i unutar samih petlji;
- U prethodnom periodu je izvršeno postavljanje novih saobraćajnih znakova ispred naplatnih stanica, ali je deo tih znakova oštećen, a deo nedostaje na terenu;
- Utvrđeni su nestandardni elementi na horizontalnoj signalizaciji;
- Neusklađenost horizontalne i vertikalne signalizacije;
- Zaštitna žičana ograda na autoputu je dosta oštećena, a na nekim delovima uopšte ne postoji;

- Stara i dosta oštećena saobraćajna oprema.

Zbog utvrđenog neodgovarajućeg stanja saobraćajne signalizacije i opreme duž Državnog puta A2, deonica Skoplje – Tetovo – Gostivar, odlučeno je da se u potpunosti odstrani postojeća saobraćajna signalizacija i oprema puta i da se utvrdi novi koncept vođenja saobraćaja.

#### **4. SAOBRAĆAJNO REŠENJE ZA POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI**

Projektovano saobraćajno rešenje je izrađeno na postojećem stanju građevinske konfiguracije osnovne trase i objekata na njoj u saglasnosti sa zakonskom regulativom.

Na Autoputu A2/E65 saobraćaj se odvija bez direktnih konfliktnih tačka, odnosno postoje samo konfliktne tačke na ulazu i izlazu, a isto tako i na Magistralnom putu A2/E65, na kome se saobraćaj odvija u dva smera bez direktnih konfliktnih tačaka.

Maksimalna brzina na Autoputu A2/E56 na deonici Saraj – Naplatna stanica Tetovo ograničena je na 120km/h, na deonici Naplatna stanica Tetovo – Gostivar ograničena je na 90km/h. Na Magistralnom putu A2/E65 na deonici Naplatna stanica Gostivar – Zdunje, zbog bezbednosnih razloga, ograničena je na 60km/h. Duž trase, kao i u zoni petlji, brzine se ograničavaju saobraćajnim znakom 235 (ograničenje brzine) u zavisnosti od konstruktivnih karakteristika kolovoza i rampi na petljama.

Na petljama, odnosno na ulivnim rampama, vertikalnom signalizacijom je zabranjeno kretanje svih vidova mehanizacije, pešaka, biciklista i zaprežnih vozila.

Za zaštitu saobraćaja na putu od divljači i drugih životinja, predviđeno je

postavljanje nove zaštitne žičane ograde umesto i na položaju stare.

#### **4.1. Vođenje saobraćaja**

Svi učesnici u saobraćaju se o putnim destinacijama informišu putokaznim tablama i portalima, pri čemu su za vođenje saobraćaja primenjena sva četiri normativna stepena informisanja za autoputeve, a na deonici magistralnog puta primenjena su tri normativna stepena, prvi, treći i četvrti stepen:

1. Prethodno obaveštenje;
2. Obaveštenje o prestrojavanju;
3. Obaveštenje o skretanju;
4. Potvrдно obaveštenje.

Zbog nepravilno postavljene ili nedovršene putne mreže, na Autoput A2/E65 se nedozvoljeno priključuju i putevi najnižeg ranga. Zbog toga su definisani čvorovi i čvorišta. Obzirom da je ova trasa Evropskog ranga, za izveštavanje učesnika u saobraćaju kao *osnovan* princip vođenja saobraćaja predstavljena je *krajnja destinacija*, a kao  *dodatno* vođenje saobraćaja postavljeno je *stepenasto* vođenje saobraćaja. Na raskrsnicama unutar deonice, na priključcima se navode nazivi naseljenih mesta ka kojima ti putevi vode.

## **5. SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA I OPREMA**

### **5.1. Standardna i nestandardna vertikalna signalizacija**

Vertikalna signalizacija je sastavljena od standardnih i nedstandardnih saobraćajnih znakova. Za saobraćajno uređenje osnovne trase Državnog puta A2 odabrana je standardna veličina saobraćajnih znakova Tip 1, a na sekundarnim pravcima saobraćajni znakovi Tip 2. Za nestandardne saobraćajne znakove, table su izrađene po standardima

za izradu znakova za obaveštenje, a dimenzije su određene za svaki znak (tablu) posebno. Primenjeno je ćirilčno i latinično pismo po MKS Standardima. Visina slova je definisana prema kategoriji puta, brzini vožnje, broju informativnih jedinica koje sadrže i položaju u poprečnom profilu. Za osobine i tehničke uslove osnove znakova i natpisa primenjeni su važeći standardi MKS 3.C2.240, MKS 3.C2.330 i MKS 30.010, kako i ACTM E 810, ACTM E 308 i ACTM E-1164. Reflektivne folije su od materijala Klase III sa visokim stepenom retrorefleksije (Diamond grade).

### **5.2. Horizontalna saobraćajna signalizacija**

Horizontalne oznake treba da budu bele boje, pri čemu kvalitet materijala za ugradnju horizontalnih oznaka mora da bude u saglasnosti sa odgovarajućim važećim standardima MKS EN 3.C2.240.

Radi poboljšanja bezbednosti saobraćaja, nakon rekonstrukcije ovog putnog pravca, predviđeno je da ivična linija bude ugrađena kao „vibro linija“ od termoplastičnog materijala.

### **5.3. Saobraćajna oprema na putu**

Zbog povećanja bezbednosti na deonici je postavljena sledeća saobraćajna oprema, koja je u skladu sa novim standardima u R. Makedoniji:

Čelična zaštitna oграда po novom standardu MKS EN 1317 (1,2,3,5) po kome se određuje potreban stepen zaštite.

Postavljeni su sledeći tipovi ograde:

- EO (1.33) – H1W3(A) postavljena na bankini u zoni putokaznih tabli;
- EDO (2.0) – H1W5(A) postavljena u razdelnom pojasu i na bankini;
- EDO (2.0) – H1W5(A) ankerisana, postavljena na potpornim zidovima;

- EDO (2.0) – H1W5(A) montažno - demontažna, postavljena na službenim prelazima;
- DDO (4.0) – H1W6(A) postavljena na čvoru Tetovo Istok između izlazne rampe ka Gostivaru i autoputa;
- EDO (0.5) – H2W2(B) postavljena u razdelnom pojasu;
- EDO (2.0) – H2W4(A) postavljena prema standardu;
- EDO (1.33) – H2W4(B) ankerisana, postavljena na potpornim zidovima;
- Početna i završna konstrukcija dužine 12 metara;
- Prelazna konstrukcija sa H1 na H2;
- Konstruktivni elementi za spoj ograde sa betonskim elementima;
- Ublaživači udara za 110km/h primjenjeni na izlaznom kraku na čvoru Tetovo Istok u smeru Skoplje – Tetovo i na izlaznom kraku na čvoru Saraj u smeru Tetovo – Skoplje.

Pored zaštitne ograde postavljena je i sledeća oprema:

- Stub za pokazivanje pravca – Nasočnik
- Reflektujuće oznake
- Element za označavanje fizičkog ostrva
- Tabla za označavanje fizičkog ostrva
- Tabla za označavanje prepreka na putu i oštih krivina na putu, za usmeravanje nadesno / nalevo
- Tabla za označavanje suženja profila puta s leve / desne strane
- Trepćuće žuto svetlo
- Montažni ivičnjaci
- Marker
- Katadiopter
- Vizuelne barijere protiv zaslepljivanja
- Poprečne zvučne trake
- Elastični stub

- Zaštitna žičana ograda.

Elementi protiv zaslepljivanja su u saglasnosti sa standardom MKS EN 12676-1, u funkciji smanjenja intenziteta zaslepljivanja od farova vozila iz suprotnog smera ili od nekih drugih izvora svetlosti, radi povećanja bezbednosti saobraćaja.

### **3. ZAKLJUČAK**

Realizacijom predviđenog režima saobraćaja i postavljanjem projektovane horizontalne i vertikalne saobraćajne signalizacije i opreme na Državnom putu A2, na deonici Skoplje – Gostivar, uvećava se bezbednost saobraćaja i omogućava se blagovremeno, jasno, transparentno i nedvosmisleno informisanje korisnika o putnim pravcima ka određenim krajnjim destinacijama, sa optimalnim nivoom bezbednosti za neometano odvijanje saobraćaja.

### **ZAHVALNICA**

Posebno se zahvaljujemo firmi 24ING Bitola za nesebičnu saradnju i dostupnost podataka iz saobraćajnog projekta koji su bili potrebni za pripremu ovog rada.

### **LITERATURA**

- [1] Закон за безбедност на сообраќајот на патиштата на Република Македонија
- [2] Закон за јавните патишта на Република Македонија.
- [3] Правилник за сообраќајните знаци, опрема и сигнализација на патот на Република Македонија.
- [4] Основен сообраќаен проект за сообраќајната сигнализација и опрема на Државен пат А2, делница Скопје – Гостивар, Изработен од 24 ИНГ доел Битола

**SUMMARY****IMPROVING TRAFFIC SAFETY WITH THE APPLICATION OF NEW STANDARDS FOR TRAFFIC SIGNALIZATION AND EQUIPMENT ON STATE ROAD A2, SECTION SKOPJE - TETOVO - GOSTIVAR, R. MACEDONIA**

**Abstract:** *Traffic is the movement of people, vehicles and information in a certain area. The modern road traffic from roads requires a high degree of traffic ability in terms of speed, precision, high level of traffic safety, economy and comfort. Three major factors will be equally affected by the safety and efficiency of road traffic: road, vehicle and driver. Traffic is a complex phenomenon in which there are many conflicting situations. The technical characteristics of the road for motor traffic should arise from the dynamics of the vehicle and from the conditions of stability, psychological and visual comfort. Traffic signalization as an integral part of the road is a system whose good functioning directly affects the level of traffic safety. Traffic signalization must be compliant with existing regulations in order to increase safety, thereby reducing the number of traffic accidents. In this paper will be presented the implementation of new standards for traffic signalization and equipment for section Skopje - Tetovo - Gostivar for increasing traffic safety.*

**Key words:** *traffic signalization, traffic safety, and standards*

# ISKUSTVA U PRIMENI PLASTIČNOG MATERIJALA – „HLADNE PLASTIKE“ – ZA OBELEŽAVANJE OZNAKA NA JAVNIM PUTEVIMA NA TERITORIJI GRADA BEOGRADA

**Dragan Marković**, JP „Putevi Beograda“, [dragan.markovic@putevibeograda.rs](mailto:dragan.markovic@putevibeograda.rs)

**Jelena Krtenić**, JP „Putevi Beograda“, [jelena.krtenic@putevibeograda.rs](mailto:jelena.krtenic@putevibeograda.rs)

**Vladimir Tomović**, „Institut za puteve AD Beograd“, [v.tomovic@highway.rs](mailto:v.tomovic@highway.rs)

**Rezime:** Zakonskom i podzakonskom regulativom su definisane oznake na putu, kao i tehničke karakteristike koje one moraju ispunjavati u skladu sa važećim srpskim, odnosno evropskim standardima. U gradu Beogradu se od 2007. godine počelo sa primenom materijala od hladne plastike za obeležavanje oznaka na putu. U ovom radu je predstavljena hladna plastika kao materijal za obeležavanje oznaka na putu, njene saobraćajno-tehničke karakteristike i iskustva grada Beograda u njenoj primeni. Predstavljene su pozitivni efekti primene hladno vučene plastike i osnovni nedostaci. Predložen je i model vrednovanja plastičnih materijala u odnosu na bojila. Donošenju odluke upravljača puta o primeni određene vrste materijala prethodi rangiranje značaja usvojenih kriterijuma, vrednovanje i trenutne mogućnosti za realizaciju. Upravljač puta je u obavezi da u skladu sa propisima koji regulišu ovu oblast, priručnicima i tehničkim uputstvima, unapredi bezbednost puta i preduzima mere u izboru i primeni savremenih materijala za izradu oznaka na putu. Na osnovu dobrog iskustva primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu u gradu Beogradu, u periodu od 2007. - 2018. godine, JP „Putevi Beograda“ je donelo saobraćajno-tehničku odluku da se nastavi sa obeležavanjem oznaka na putu primenom materijala od hladne plastike, prvenstveno na obeležavanju zona škola.

**Ključne reči:** hladna plastika, oznake na putu, upravljač puta, trajni materijali, bezbednost saobraćaja

## 1. UVOD

Zakonom o putevima [2] definisan je upravljač opštinskih puteva i ulica u cilju povećanja odgovornosti jedinica lokalnih samouprava za bezbednost saobraćaja na opštinskim putevima i ulicama, uzimajući u obzir činjenicu da pomenuti javni putevi čine blizu polovine putne mreže Republike Srbije.

Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji [1] su propisani plastični materijali za obeležavanje oznaka na putu (horizontalne saobraćajne signalizacije), kao i tehničke karakteristike koje oni moraju ispunjavati u

skladu sa važećim srpskim, odnosno evropskim standardima.

Obaveza JP „Putevi Beograda“, kao upravljača javnog puta na teritoriji grada Beograda je pre svega očuvanje upotrebne vrednosti javnog puta, kroz niz akcija koje obuhvataju redovne kontrole puta, revizije i inspekcije bezbednosti saobraćaja, nezavisne provere bezbednosti saobraćaja i slično, kao i niz drugih mera u skladu sa zakonskom procedurom u cilju povećanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.

U tom smislu, kako pešaci čine značajan procenat učesnika u saobraćaju u gradovima, tj. naseljenim mestima,

posebna pažnja u tehničkom regulisanju saobraćaja se posvećuje bezbednosti ranjivih učesnika u saobraćaju (deca, trudnice, stara lica i sl.), a naročito kada je u pitanju obeležavanje saobraćajnom signalizacijom zona škola.

Grad Beograd je doneo Strategiju bezbednosti saobraćaja [3] za period 2017 - 2020. godine u cilju kreiranja bezbednog saobraćajnog sistema kojim će u Beogradu biti smanjen rizik od nastanka saobraćajnih nezgoda sa smrtnim ishodom i teškim telesnim povredama, kao i minimiziranje troškova saobraćajnih nezgoda bez poginulih i najteže povređenih, koje će svakako doprineti povećanju sredstava koje je potrebno uložiti u preventivu saobraćajnih nezgoda i unapređenje bezbednosti saobraćaja.

## 2. ISTRAŽIVANJA

### **2.1. Postojeća zakonska regulativa u vezi primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu**

Zakonom o bezbednosti saobraćaja na putevima [4] (članovima 133. i 152.) kao i Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji <sup>[1]</sup> (član 60.), dat je pravni okvir za obeležavanje oznaka na putu sa savremenim kolovoznim zastorom.

Upravljač puta je nadležan da u skladu sa pravnim okvirom, postojećim priručnicima i tehničkim uputstvima, unapredi bezbednost puta i preduzima mere o izboru primene savremenih materijala za izradu oznaka na putu. Upravljač puta određuje vrstu materijala za obeležavanje oznaka na putu, način njihove primene, učestalost obnavljanja i proveru kvaliteta, na osnovu dobre prakse, dosadašnjih iskustava i sprovedenih istraživanja u ovoj oblasti [6].

Institut za puteve A.D. Beograd je na zahtev grada Beograda, Skeretatrijata za saobraćaj, izradio 2005. godine

„Metodologiju kvaliteta horizontalne signalizacije i kontrole materijala za izradu iste“ [4], što je poslužilo kao osnov u odabiru materijala za obeležavanje oznaka na putu u gradu Beogradu u nastupajućem periodu.

### **2.2. Plastični materijali, izvođenje i kontrola kvaliteta**

Oblast primene, vrste i kontrole kvaliteta plastičnih materijala definisana je sledećim srpskim i evropskim standardima:

- SRPS EN 1436
- SRPS EN 13197
- SRPS EN 1423
- SRPS EN 1871
- SRPS EN 1824
- SRPS EN 1463.

Plastični materijali za obeležavanje oznaka na putu su podeljeni na nekoliko vrsta, i to prema debljinama oznake i načinu ugradnje.

Prema načinu ugradnje i vrsti materijala, oni se dele na:

- topla plastika,
- hladno plastika,

Prema debljini oznaka plastični materijali se dele na:

- tankoslojne (od 0,2mm do 0,8 mm) [5]
- debeloslojne (više od 0,8 mm) [5].

Predmet ovog rada je debeloslojna hladno-vučena plastika.

Debljina sloja suvog filma izvedenih oznaka je definisana tehničkim uputstvom proizvođača materijala, a najčešće iznosi 2mm. U praksi oznake mogu biti izvedene do debljine od 3mm, a maksimalno 4mm (za izradu posebnih vrsta oznaka i do 7mm). Za svaki milimetar povećanja debljine oznaka povećava se potrošnja materijala za 4 kg/m<sup>2</sup> i troškovi izvođenja.

Plastični materijali se mogu ugrađivati ručno ili mašinski u zavisnosti od tipa oznaka koje se izvode.



Za nanošenje plastičnih materijala (hladne plastike) veoma je važan kontakt površine podloge i materijala. Podloga mora biti što čistija a posebno ukoliko se oznake ugrađuju na kolovoz koji je pod saobraćajnim opterećenjem (što je i najčešći slučaj) [5].

Prilikom ugradnje plastičnih materijala potrebno je poštovati tehničko uputstvo proizvođača materijala, način, postupak i uslove ugradnje (temperatura i vlažnost vazduha i podloge, vrsta podloge, primena prajmera, vreme sušenja materijala) i sl.

Uklanjanje plastičnih materijala sa podloge se vrši mašinskim putem – grebanjem, zagrevanjem gasom pa odlepljivanjem i vodom pod visokim pritiskom.

Prilikom ugradnje plastičnih materijala moraju biti ispunjene mere zaštite životne sredine i mere zaštite na radu propisane zakonom, tehničkim uslovima za ugradnju i izvođenje oznaka na kolovozu i tehničkim uputstvom proizvođača, jer se radi o materijalima koji su zapaljivi i toksični, a mogu da izazovu iritacije i nadražaje pluća, kože ili očiju (u slučaju udisanja isparenja ili fizičkog dodira kože ili sluzokože sa materijalom).

Plastični materijali koji se ugrađuju metodom hladno vučene plastike su najčešće dvokomponentni materijali na bazi prirodnih i veštačkih smola i sintetičkih vezivnih materijala koji se pre ugradnje formiraju mešanjem u odnosu osnovnog premaza 98%-99% i učvršćivača (katalizatora) 1%-2%, pri čemu se hemijskim procesom polimerizacije u žitkom stanju nanosi na kolovoz na kome se formira kao neprekinuti sloj. U oznake od plastičnih materijala obavezno se dodaju materijali koji obezbeđuju potrebne vrednosti retrorefleksije i trenja (abrazivi).

Ugradnja plastičnih materijala na novi asfalt i betonske podloge zahteva

prethodno nanošenje prajmera na podlogu. U suprotnom, može doći do odlepljivanja i promene hromatskih karakteristika ugrađenih plastičnih materijala.

Vek trajanja ugrađenih oznaka zavisi od tehničkih karakteristika primenjenih plastičnih materijala i saobraćajnog opterećenja, što u praksi najčešće iznosi 4 do 5 godina, a produženi vek trajanja može biti od 5 do 7 godina.

### ***2.3. Iskustva primene plastičnih materijala u praksi na teritoriji grada Beograda***

U gradu Beogradu se od 2007. godine pored bojila, za obeležavanje oznaka na putu započelo sa primenom plastičnih materijala ugrađivanih metodom hladno vučene plastike. U periodu od 2007. do 2009. godine, na uličnoj mreži grada Beograda hladnom plastikom su obeležene neke od glavnih gradskih ulica sa povećanim saobraćajnim opterećenjem na kojima su položene trase linija JGP, kao i određeni broj zona osnovnih i srednjih škola. Za ugrađene plastične materijale priloženi su potrebni atesti o ispitivanju kvaliteta, a prilikom ugradnje dodavane su staklene perle koje obezbeđuju retrorefleksiju. Plastičnim materijalima su obeležavane oznake pešačkih prelaza, zaustavne linije, strelice, natpisi na kolovozu („ŠKOLA“, „BUS“, „TAXI“) i uzdužne oznake (razdelne i ivične linije). Prilikom izvođenja radova ugradnje plastičnih materijala poštovana su tehnička uputstva proizvođača (propisani opseg temperature i vlažnosti podloge i vazduha, vreme sušenja i dr.).

Kvalitet ugrađenih oznaka je ocenjivan vizuelnim putem, a ispitivanja vrednosti parametara u skladu sa evropskim standardima, retrorefleksija ( $R_L$ ), otpor na klizanje ( $SRT$ ), osvetljenost pri difuznom

osvetljenju ( $Q_d$ ), nisu vršena zbog nepostojanja domaće regulative.

Uvidom u trenutno stanje i kvalitet oznaka od plastičnih materijala izvedenih na uličnoj mreži grada Beograda pre 10-tak godina, utvrđeno je da su one na većem broju lokacija još uvek u zadovoljavajućem stanju [8].

#### **2.4. Efekti primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na teritoriji grada Beograda**

Pozitivni efekti primene:

- manji troškovi ugradnje na duži rok u odnosu na primenu bojila,
- viši nivo usluge puta zbog dobrih saobraćajno-tehničkih karakteristika ugrađenih oznaka,
- veća bezbednost puta u fazi održavanja jer je zbog dužeg veka trajanja ugrađenih oznaka od plastičnih materijala manji broj zona radova, manji broj zastoja i zagušenja na putu prilikom njihove ugradnje,
- veća bezbednost puta zbog primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka naročito je izražena u zonama škola, zonama usparenog saobraćaja i na gradskim saobraćanicama višeg ranga sa velikim saobraćajnim opterećenjem,
- povećanje saobraćajnog komfora i poverenja građana u saobraćajni sistem [7].

Osnovni nedostaci primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka su:

- povećani troškovi ugradnje u odnosu na primenu bojila,
- promena boje oznaka u početnom periodu nakon ugradnje (utisak zaprljanosti).

Najčešći nedostaci na obeleženim oznakama nakon ugradnje metodom hladne plastike na uličnoj mreži grada Beograda:

- zamazane oznake i njihova okolina (najčešći uzrok je gaženje svežih oznaka od strane vozila i pešaka),
- nedovoljna debljina oznaka (i neravnomernost debljine sloja nanošenja),
- krzanje i odlepljivanje oznaka (usled loše pripreme podloge i neadekvatnih vremenskih uslova prilikom izvođenja radova),
- neravan površinski sloj oznaka (brazgotine i udubljenja na oznakama).

#### **2.5. Vrednovanje rezultata primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu**

Vrednovanje rezultata primene materijala za obeležavanje oznaka treba da se sastoji iz procene ispunjenosti dva osnovna kriterijuma:

- Minimiziranje ukupnih troškova ugradnje i održavanja,
- Maksimiziranje pozitivnih efekata primene materijala za obeležavanje oznaka na putu.

Donošenju odluke o primeni određene vrste materijala treba da prethodi rangiranje značaja usvojenih kriterijuma i trenutne mogućnosti njihove realizacije. U vrednovanju kriterijuma treba uzeti u obzir: tržišne cene materijala i ugradnje, ukupne troškove, lokalne uslovi i stanje kolovoza, pozitivne i negativne efekte primene materijala itd [5].

Odnos troškova ugradnje i održavanja u zavisnosti od veka trajnosti izvedenih oznaka bojilima i plastikom na primeru grada Beograda, u periodu od 2007. do 2018. godine, prikazani su na grafiku 1.

Može se zaključiti da su ukupni troškovi primene bojila za obeležavanje oznaka posle 3 - 4 godine, veći nego troškovi primene plastičnih materijala.



Grafik 1: Odnos cene i trajnosti oznaka od različitih materijala



Grafik 2: Odnos troškova održavanja različitih materijala tokom godina eksploatacije

Odnos troškova ugradnje i održavanja oznaka od plastičnih materijala i bojila, u zavisnosti od tehničkih karakteristika, saobraćajnog opterećenja puta i dužine veka trajnosti (za plastične materijale 5 godina), prikazan je na grafiku 2.

Može se zaključiti da su troškovi primene plastičnih materijala u periodu nakon 10. godina, pored drugih pozitivnih efekata primene i ekonomski isplativiji.

## 2.6. Donošenje odluke upravljača puta o primeni plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu

Na osnovu:

- dosadašnjeg iskustava primene plastičnih materijala izvedenih na uličnoj mreži grada Beograda u poslednjih 10 godina,
- pozitivnih efekata primene plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu,

- vrednovanja primene različitih materijala za obeležavanje oznaka na putu,
- propisane odgovornosti upravljača puta za bezbednost stanja na putu.

JP „Putevi Beograda“ su u 2018. godini, kao upravljač opštinskih puteva i ulica na teritoriji grada Beograda, doneli odluku i počeli sa primenom plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu metodom hladno vučene plastike. Planom i programom radova u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja, obeležavanje oznaka od plastičnih materijala se izvodi u zonama škola, sa ciljem da se ove aktivnosti nastave i u narednom periodu.

## 3. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu dobra evropska iskustva u primeni plastičnih materijala i pozitivne efekte njene primene izložene u ovom radu, izbor plastičnih materijala za obeležavanje oznaka na putu je jedna od važnih saobraćajno-tehničkih odluka koju donesi i sprovodi upravljač puta kao višestruko opravdanu sa dugoročno pozitivnim efektima njene primene.

## LITERATURA

- [1] 2017. Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji. Beograd: Službeni glasnik 85/2017 (od 29.09.2017.).
- [2] 2018. Zakon o putevima. Beograd: Službeni glasnik 41/2018 (od 31.05.2018.).
- [3] 2018. Zakon o putevima. Beograd: Službeni glasnik 41/2018 (od 31.05.2018.).
- [4] Institut za puteve A.D. Beograd – Zavod za saobraćaj i ekonomiju, 2005. Metodologija kontrole kvaliteta horizontalne signalizacije i kontrole materijala za izradu iste. Beograd: Institut za puteve - Zavod za saobraćaj i ekonomiju 04.2005.

- [5] Vukanović, Smiljan; Stanić, Branimir; Zdravković S., Predrag; Milosavljević, Slobodan. 1997. Elementi saobraćajnog projektovanja – horizontalna signalizacija. Beograd: Saobraćajni Fakultet.
- [6] 2016. Priručnik za unapređenje bezbednosti puteva sa predlogom mera. Beograd: Agencija za bezbednost saobraćaja
- [7] 2009. Zbornik radova “Novi zakon o bezbednosti saobraćaja: velika šansa i izazov za lokalne zajednice – grad Beograd”. Beograd: Sekretarijat za saobraćaj grada Beograda.
- [8] 2012. Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji: Saobraćajna signalizacija i oprema. Beograd: Javno preduzeće „Putevi Srbije“.

## SUMMARY

### “COLD PLASTIC” – EXPERIENCES IN APPLICATION AND USE FOR ROAD MARKINGS ON THE PUBLIC ROAD NETWORK OF THE CITY OF BELGRADE

**Abstract:** *Legislation and by-laws in the domain of road traffic regulate road markings, their technical specifications, and their compliance with domestic and European standards. In the city of Belgrade, since 2007, cold plastic as road marking material was used. This paper presents cold-drawn plastic as road marking material, its technical characteristics and experience in use in the city of Belgrade. Positive effects of applying cold-drawn plastics and basic defects were presented. Road marking material evaluation model was proposed as well. Decision making process and final decision of use of the type of the material is preceded with evaluation and ranking of adopted criteria and current realization possibilities. In accordance with the regulations governing this area, manuals and technical instructions, road authority is obliged to improve road safety level and take measures in the selection and application of modern materials for road markings. Public enterprise “Roads of Belgrade” has decided to proceed with the use of cold plastic as a material for road markings on its public road network, especially in school zones, based on the good experience of applying plastic marking materials on the road in the city of Belgrade in the period from 2007 to 2018.*

**Key words:** *cold plastic, road marking, road authority, road marking durability, traffic safety*

## **DOPUNSKA SIGNALIZACIJA RADI POBOLJŠANJA BEZBEDNOSTI BICIKLISTA U TUNELIMA T4 I T14 NA DRŽAVNOM PUTU IB-34, NA EUROVELU 6**

**Miroslav Derikonjić, Preduzeće „Selma“, Subotica, micy@selma.rs**

**Rezime:** *Trasa biciklističke rute EuroVelo 6, Dunavska biciklistička ruta (DBR) kroz Srbiju uspostavljena je jednim svojim delom duž državnog puta IB reda broj 34 (ranije M 25.1), deonica Golubac-Đerdapska klisura-Kladovo. Na predmetnoj deonici državnog puta postoji niz od 26 tunela. Osnovni problem bezbednosti biciklista na delu državnog puta IB reda broj 34, generalno proističe iz neizbežnog korišćenja zajedničke kolovozne površine sa motornim saobraćajem, biciklisti se kreću po površinama namenjenim za dinamički saobraćaj, odnosno biciklisti su prinuđeni da koriste zajedničku deonicu puta na kojoj se nalazi niz od 26 tunela.*

*Izbor između različitih pristupa poboljšanja bezbednosti biciklista u tunelima diktirali su pre svega raspoloživa sredstva i potrebno vreme za realizaciju tehničkih mera za zaštitu biciklista. Kada je u pitanju kratkoročna opcija u okvirima ograničenih raspoloživih sredstava, iznad ulaza u tunel sa obe strane u smeru kretanja postavljena je dopunska signalizacija u vidu aktivnih znakova upozorenja vozača na prisustvo biciklista u neosvetljenom tunelu kada je ono registrovano posebnim tasterom. Dopunska signalizacija predstavlja izmenjivi saobraćajni znak koji se sastoji od dva saobraćajna znaka predefinisanih piktograma koji odgovaraju saobraćajnim znakovima I-16 (biciklisti na putu) i II-30 (ograničenje brzine 30 km/h). U uglovima znaka postavljena su i četiri treptača žute boje. Po aktiviranju znaka od strane biciklista predefinisani znakovi se pale dok se treptači neprestano pale i gase. Nakon određenog vremenskog perioda i napuštanja tunela od strane biciklista dopunska signalizacija se gasi.*

**Ključne reči:** *biciklisti, tuneli, dopunska signalizacija*

### **1. UVOD**

Biciklistički turizam-cikloturizam koji uključuje rekreativne biciklističke aktivnosti u kojima turista percipira biciklizam kao integralni deo svog odmora, odnosno putovanja, poslednjih godina sve više dobija na značaju. To je grupa aktivnosti koje se uglavnom odnose na otkrivanje novih mesta, predela i avanture.

Značaj biciklističkog turizma prepoznala je i Evropska biciklistička federacija (ECF) koja je svojim projektom EuroVelo razvila mrežu biciklističkih puteva duž čitave Evrope. Sastoji se od 17 trans-

kontinentalnih pravaca koji prolaze celim kontinentom u dužini od preko 70.000 kilometara. Jedan od osnovnih ciljeva razvitka ovakve mreže biciklističkih ruta jeste gajenje razmene iskustava i najboljih praksi između evropskih država i regiona, podstičući time razvoj kvalitetne biciklističke strategije i infrastrukture. Prilikom označavanja ruta biraju se najpogodniji putevi a isto tako i najatraktivniji za bicikliste.

Srbija takođe zauzima svoje mesto u evropskim biciklističkim rutama kroz koju prolaze tri evropske biciklističke rute, EuroVelo 11, EuroVelo 13 i možda

najpoznatija, najatraktivnija i najopterećenija biciklističkim saobraćajem EuroVelo 6, Dunavska biciklistička ruta (DBR).

Sredinom 2007. godine otvorena je Dunavska biciklistička ruta (DBR) u Srbiji, koja je deo transevropske biciklističke rute EuroVelo 6, a koja najvećim svojim delom prati reku Dunav u njegovom toku kroz Srbiju. Ukupna dužina biciklističke rute Euro Velo 6 u Srbiji iznosi 667 km, a sa alternativnim stazama oko 1100 km. Trasa biciklističke rute EuroVelo 6, Dunavska biciklistička ruta (DBR) kroz Donje Podunavlje postavljena je jednim svojim delom, prvenstveno zbog velike atraktivnosti okruženja, duž državnog puta IB-34, deonica Golubac-Đerdapska klisura-Kladovo. Državni put IB-34 namenjen je mešovitom saobraćaju i na ovoj deonici puta postoji 26 tunela od kojih je 6 dužine veće od 200,0 metara. U svojim aktivnostima biciklisti su prinuđeni da koriste zajedničku deonicu puta IB- 34 u dužini od oko 123 km, na kojoj se nalazi pomenuti niz od 26 tunela.

### **1.1. Problemi i bezbednost biciklista**

Problem bezbednosti biciklista na delu državnog puta IB-34 generalno proističe iz neizbežnog korišćenja zajedničke kolovozne površine sa motornim saobraćajem, odnosno biciklisti se kreću po površinama namenjenim za dinamički saobraćaj jer zasebnih izgrađenih biciklističkih staza (traka) nema. Put je svojevremeno projektovan i izveden bez planiranja potreba ranjivih učesnika u saobraćaju (biciklisti i pešaci) i bez usklađivanja sa njihovim pravcima kretanja i odmorištima. Rizik za bezbednost biciklista je naročito potenciran na mestima prolaska biciklista kroz duže neosvetljene tunela, posebno u krivinama. Neosvetljeni tuneli predstavljaju rizična

mesta za sve učesnike u saobraćaju, posebno oni tuneli u koje, zbog njihove dužine ili pozicije u krivini puta, ne dopire prirodno svetlo.

Iako je brzina vozila uglavnom ograničena na 60-80 km/h, biciklisti se kreću mnogo sporije, a vozači ih posle naglog ulaska vozila u neosvetljeni tunel teže uočavaju zbog sporijeg prilagođavanja očiju na mrak. Neravnine i zakrpe na kolovozu koji se u tunelima teže uočavaju, za bicikliste mogu biti veoma neugodni i izazvati pad. Prema oceni samih biciklista, „za manje iskusne bicikliste, čak i kad imaju prednje svetlo na biciklu,, mrak i atmosfera u tunelu (zidovi od žive stene „divljeg“ izgleda, sa senkama koje se lome na izbočinama i udubljenjima), te jako pojačana buka vozila koja se kreću kroz njega (tutnjava, posebno kada se radi o kamionima), voda koja kaplje sa svodova, mogu izazvati zbuđenost, dezorijentisanost, klaustrofobiju, strah, čak i paniku, a onda je do nezgode samo jedan korak“.

Rizik od stradanja ili teških povreda pri svakom sudaru je uočljiv jer biciklisti nisu fizički odvojeni od automobila i teških vozila, saobraćaj se odvija brzinama većim od 40 km/h, a moguća su prekoračenja brzina, a isto tako i nedostatak osvetljenja u tunelima nije kompenzovan kvalitetnom signalizacijom i opremom tako da oni predstavljaju veoma riskantne segmente puta za bicikliste. U pojedinim tunelima zaštitna ograda (šina sa reflektujućom trakom) je postavljena unutar radne, odnosno pešačke staze u tunelu, bliže kolovozu, čime je staza sužena, pa biciklisti teško mogu koristiti radnu, odnosno pešačku stazu u tunelu za sklanjanje u slučaju opasnosti.

Pri ulasku u kraće tunele, biciklisti mogu videti svetlost na kraju tunela i uveriti se u moguće prisustvo drugih



učesnika u saobraćaju u tunelu. Biciklistima odgovaraju ovakve situacije iz razloga sopstvenog osećaja sigurnosti. Međutim, prolasci mogu biti posebno kritični u kombinaciji sa drugim objektima na putu gde se uslovi osvetljenosti mogu brzo promeniti zbog prisustva podvožnjaka, nadvožnjaka ili mostova i moguće složene saobraćajne šeme.

## 2. DOPUNSKA SIGNALIZACIJA ZA TUNELE

Izbor između različitih pristupa poboljšanja bezbednosti biciklista u tunelima diktirali su pre svega raspoloživa sredstva i potrebno vreme za realizaciju tehničkih mera za zaštitu biciklista. Kada je u pitanju kratkoročna opcija u okvirima ograničenih raspoloživih sredstava, iznad ulaza u tunel sa obe strane u smeru kretanja postavljena je dopunska signalizacija u vidu aktivnih znakova upozorenja vozača na prisustvo biciklista u neosvetljenom tunelu kada je ono registrovano posebnim tasterom.



Slika 1: Dopunska signalizacija u tunelu



Slika 2: Dopunska signalizacija u tunelu



Slika 3: Dopunska signalizacija u tunelu T4



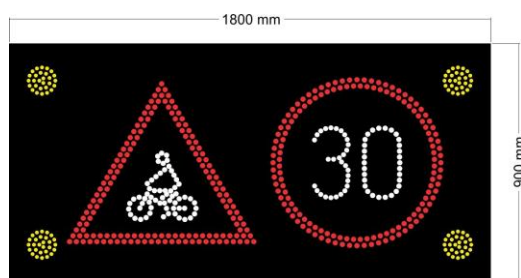
Slika 4: Dopunska signalizacija u tunelu T14

### 2.1. Izgled i opis dopunske signalizacije

Dopunska signalizacija u vidu izmenjivog saobraćajnog znaka oblikuje poruke korišćenjem individualnih elemenata koji se nalaze u dva stanja. Izmenjivi znak se sastoji od dva saobraćajna znaka predefinisanih piktograma koji odgovaraju saobraćajnim znakovima I-16 (biciklisti na putu) i II-30 (ograničenje brzine 30 km/h). U uglovima znaka postavljena su i četiri treptača žute boje. Znak je u svemu izrađen prema standardu SRPS EN 12966. Sadržaj znaka se prikazuje u dva stanja:

- **Nulto stanje** - znak bez ikakvog obaveštenja
- **Promenljivo stanje** - znak prikazuje predefinisane piktograme saobraćajnih znakova I-16 (biciklisti na putu) i II-30 (ograničenje brzine 30 km/h) uz treptanje žutih treptača u uglovima znaka.

Izmenjivi znakovi u službi dopunske signalizacije radi zaštite biciklista postavljeni su na posebnim konstrukcijama iznad ulaza u tunel ili iznad desne saobraćajne trake u smeru kretanja vozila. Znakovi su postavljeni tako da su ukomponovani u postojeću saobraćajnu signalizaciju i opremu i ne ugrožavaju bezbednost saobraćaja na državnom putu. Postavljeni su na propisanu visinu, pri čemu je pozitivnim standardom (SRPS EN 12966) određena čitljivost znaka kao što je prikazano u tabeli 1.



Slika 5: Izgled i dimenzije izmenjivog saobraćajnog znaka

Tabela 1: Daljina vidljivosti i vreme čitanja izmenjivog znaka u zavisnosti od brzine

Veličina znaka	Daljina čitljivosti	Mogućnost čitanja u sekundama				
		40	50	60	80	100
B	90	8.2	6.5	5.4	4	3

Napajanje električnom energijom znakova sa izmenjivim sadržajem poruka vrši se pomoću solarnih panela usled nepostojanja vodova za napajanje električnom energijom i nemogućnosti njihovog dovoda do signalizacije. Paneli se postavljaju u zavisnosti od geografskih odlika terena i obezbeđenja što dužeg sunčevog izvora. Paneli se postavljaju na visini koja onemogućava direktan kontakt radi bezbednosti i onemogućavanja vandalizma.



Slika 6: Dopunska signalizacija u tunelu



Slika 7: Dopunska signalizacija u tunelu

## 2.2. Princip rada sistema

U ovakvom sistemu od biciklista se očekuje da sami preduzmu akciju time što će pre ulaska u tunel aktivirati odgovarajući detektor sa tasterom za bicikliste. Po aktiviranju tastera koji je povezan sa izmenjivim znakom dolazi do paljenja predefinisanih piktograma izmenjivog znaka kao i treptanja treptača koji su postavljeni u uglovima znaka. Izmenjivi saobraćajni znak svojim radom, sjajem, upozorava sve učesnike u saobraćaju o postojanju biciklista u tunelu. Aktiviranjem tastera aktivira se dopunska signalizacija u vidu izmenjivog znaka na oba ulaza, odnosno za oba smeru kretanja. Izmenjivi znakovi ostaju aktivni tokom svog vremena boravka biciklista u tunelu, a koje se posebno izračunava u zavisnosti od dužine tunela i brzine kretanja biciklista.

### Tunel T4 (371 m):

- Dužina tunela 371 m (s)
- Brzina biciklista 15 km/h=4.17 m/s (v)
- $t$  - vreme rada dopunske signalizacije

$$t = s / v = 371 \text{ m} / 4.17 \text{ m/s}$$

$$t = 90 \text{ s}$$

Na dobijenu vrednost dodaje se dodatno vreme od 30 sekundi, u svrhu dodatne zaštite biciklista koje obuhvata grupisanje, startovanje ili slični događaji. Tako da ukupan rad dopunske signalizacije za tunel T4 iznosi 120 sekundi.

#### *Tunel T14 (256 m)*

- Dužina tunela 256 m (s)
- Brzina biciklista 15 km/h=4.17 m/s (v)
- *t* - vreme rada dopunske signalizacije

$$t = s / v = 256 \text{ m} / 4.17 \text{ m/s}$$

$$t = 65 \text{ s}$$

Adekvatno prethodnom primeru dodaje se dodatno vreme u trajanju od 30 sekundi, tako da ukupan rad dopunske signalizacije za tunel T14 iznosi 95 sekundi.

U slučaju aktiviranja znaka dok izmenjivi znak radi, odnosno postojanje potrebe za aktiviranjem u slučaju pojave novog bicikliste ili grupe biciklista počinje da teče kompletno novo vreme koje je određeno za signalizaciju za svaki tunel ponaosob.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Postavljanje izmenjivih znakova u službi dopunske signalizacije radi zaštite biciklista predstavlja samo jedan od nivoa saobraćajno-tehničkih mera koji je diktiran raspoloživim sredstvima i potrebnim vremenom za realizaciju. Ovakvim načinom prvenstveno se želi smanjenje rizika u realnom vremenu, koje podrazumeva pružanje kvalitetnog, pravovremenog i specifičnog upozorenja o postojanju biciklista u tunelu, odnosno o potrebnim radnjama koje vozači trebaju preduzeti, te delovati u smeru povećanja nivoa saobraćajne bezbednosti učesnika izloženih visokom riziku.

Na najvišem nivou, to je održiva prevencija nezgoda sa teškim povredama i

smrtnim ishodom, uz ispunjenje zahteva za postizanjem rezultata u svim područjima ključnim za bicikliste, je osvetljenje tunela, prvenstveno najkritičnijih po sve učesnike u saobraćaju. Osvetljenjem tunela, što bi predstavljalo dugoročno rešenje, očekivano smanjenje rizika od saobraćajnih nezgoda je veoma značajno.

Treći nivo predstavlja smanjenje rizika od nezgoda koje podrazumevaju primenu putnih projektantskih standarda i smernica. Ove mere za povećanje bezbednosti biciklista obuhvataju manje intervencije (redovno i pojačano održavanje puta) kojima se otklanjaju nedostaci puta, postojeće putne opreme i signalizacije na celoj trasi biciklističkog kretanja duž Đerdapske magistrale.

Samo sveobuhvatnim dugoročnim i kratkoročnim merama na više nivoa može se obezbediti bezbedno kretanje biciklista što predstavlja osnov za razvoj cikloturizma sa svim pozitivnim aspektima.

#### **LITERATURA**

- [1] Inić, Milan. 1991. Bezbednost drumskog saobraćaja
- [2] Milosavljević, S., Stanić, B., Zdravković, S., Vukanović, S. 1995. Elementi saobraćajnog projektovanja-Vertikalna signalizacija. Beograd: Saobraćajni fakultet
- [3] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima. „Sl. glasnik RS“, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013-odluka US, 55/2014, 96/2015-dr. zakon, 9/2016-odluka US, 24/2018, 41/2018 i 41/2018-dr. zakon
- [4] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji. „Sl. glasnik RS“ br. 85/17.
- [5] Srpski standard SRPS EN 1296:2016. 2016. Institut za standardizaciju Srbije.
- [6] Glavni projekat dopunske saobraćajne signalizacije za poboljšanje bezbednosti

**SUMMARY****ADDITIONAL SIGNALISATION TO IMPROVE THE SAFETY OF BICYCLISTS IN THE T4 AND T14 TUNNELS ON THE STATE ROAD IB-34, AT EUROVELO 6**

**Abstract:** *The European bicycle route EuroVelo 6, the Danube bicycle route (DBR) through Serbia is partly on the state road IB number 34, section Golubac-Djerdap gorge-Kladovo. On this section of the road there are 26 tunnels. The main problem for bicycle riders on this section is the common use of traffic surfaces for motorized vehicles and for the bicyclists, there are no separated bicycle roads on the way and bicyclists are forced to use the common roads sections with the motorized vehicles on the string of 26 tunnels.*

*The psychological moment also plays a significant role of making incident situations. According to bicyclists estimate, for less experienced riders-even when they use lights on the bicycle-the darkness and the strange feelings (the living wals of the "wild" look, with the sneezes lying on the outskirts and the recesses), and the greatly enhanced noise of the vehicle (rumble, especially when it comes to trucks) can cause confusion, disorientation, claustrophobia, fear, even panic.*

*The choice between the various approaches to improving the safety of bicyclists in tunnels dictated primarily available resources and time needed for the implementation of technical measures to protect bicyclists. When it comes to the short-term option within the limits of limited available resources, an additional signalisation in the form of active warning signs of the driver for the presence of bicyclists in an unobstructed tunnel when registered by a special key is placed above the tunnel entrance on both sides in the direction of movoment. Additional signaling is an interchangeable traffic sign consisting of two traffic signs of predefined pictograms corresponding to the traffic signs I-16 (bicyclists on the road) and II-30 (speed limit of 30 km/h). At the corner of the sign, four yellow flashers were set. After the character is activated by the bicyclist, the predefined signs are lit while the flashes are constantly on and off. After a certain period of time and leaving the tunnels by bicyclists, the additional signaling is extinguished.*

**Key words:** *bicycle riders, tunnels, additional signalisation*



# ISTRAŽIVANJE UTICAJA ZNAKOVA SA IZMENJIVIM SADRŽAJEM NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA U ZONI ŠKOLE

**Goran Kalamanda**, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, [goran.kalamanda@adomne.rs](mailto:goran.kalamanda@adomne.rs)

**Miodrag Počuć**, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, [miodrag.pocuc@adomne.rs](mailto:miodrag.pocuc@adomne.rs)

**Igor Vukobratović**, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, [igor.vukobratovic@adomne.rs](mailto:igor.vukobratovic@adomne.rs)

**Mira Iličić Tomić**, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, [mira.ilicictomic@adomne.rs](mailto:mira.ilicictomic@adomne.rs)

**Srdjan Zečević**, ADOMNE d.o.o., Novi Sad, [srdjan.zecevic@adomne.rs](mailto:srdjan.zecevic@adomne.rs)

**Rezime:** *Ubrzan razvoj informacionih tehnologija omogućava da se svakodnevne aktivnosti odvijaju na brži i jednostavniji način uz konstanto prilagođavanje potrebama krajnjim korisnicima. Korišćenje informacionih tehnologija za upravljanje i regulisanje saobraćaja, povećava bezbednost sobračaja i omogućava bolje praćenje parametara saobraćajnog toka. Zbog toga što deca spadaju u kategoriju ranjivih učesnika u saobraćaju, veoma je bitno da se u zonama škola, gde se javlja povećan intenzitet tokova ove kategorije učesnika, na adekvatan način upravlja brzinama. Jedna od mera je i postavljanje signalizacije sa izmenjivim sadržajem. Istraživanjem je utvrđeno koji uticaj na vozače ima izmenjiva saobraćajna signalizacija kao i njene prednosti i nedostaci.*

**Ključne reči:** *zona škole, bezbednost saobraćaja u zoni škole, izmenjiva saobraćajna signalizacija, upravljanje brzinama*

## 1. UVOD

Za upravljanje brzinama vozila u zoni škole postoje različite mere (zvučno vibracione trake, veštačke izbočine na putu i sl.), koje u zavisnosti od karakteristika putne infrastrukture, mogu više ili manje uticati na brzinu. Jedna od mera kojom može da se upravlja brzinama u zoni škole, jeste postavljanje znakova sa izmenjivim sadržajem koji u sebi sadrže radar koji meri brzinu dolazećeg vozila.

Prema podacima koje je objavila Svetska zdravstvena organizacija, na putu u saobraćajnim nezgodama godišnje pogine oko 1,2 miliona ljudi, a 30-50 miliona ljudi biva povređeno [1]. Do danas je u saobraćajnim nezgodama poginulo više od 40 miliona ljudi. Predviđa se da će do 2030. godine povrede u saobraćaju biti na petom mestu uzroka smrtnosti širom sveta [2] i na sedmom mestu uzročnika nastanka

invaliditeta [3], na žalost ni deca nisu izuzeta iz ovih podataka.

Godine 2004. procenjeno je da je bilo oko 262.000 poginulih među decom i mladima starosti od 0 do 19 godina, što je skoro 30% od svih smrtnih povreda među decom i mladima. Kada se izdvoje samo deca do 14 godina dolazi se do podatka da ima oko 167.000 smrtno nastradalih u okviru ove starosne kategorije [4].

Upravljanjem brzinama, u zoni škola može da se poveća bezbednost dece, samim tim cilj rada je da se utvrdi na koji način izmenjivi saobraćajni znakovi sa ugrađenim radarom utiču na na brzinu kretanja vozila.

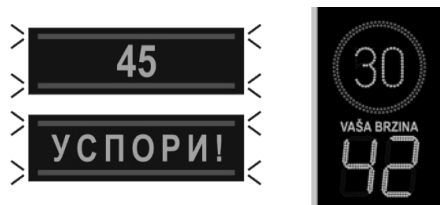
## 2. DEFINISANJE PROBLEMA

Abdel-Aty i dr. [5] su istakli da najviše školske dece u saobraćajnim nezgodama strada u zonama škola i to na udaljenosti do pola milje (1milja=1,61km) od škole. Analizirajući različite primenjene mere za

unapređenje bezbednosti saobraćaja u zonama škola, a među njima i projektantske mere došli su do zaključka da najveći uticaj na povećanu (ne)bezbednost dece u zonama škola imaju: starost vozača, pol vozača, vožnja pod uticajem alkohola, starost dece, broj saobraćajnih traka u zonama škola, oblik razdelog ostrva na pešačkim prelazima, ograničenje brzine u zoni škole, itd.

Brzina kretanja vozila u zoni škole u naseljenom mestu ograničena je na 30km/h u periodu od 7:00 do 21:00 čas osim, ako saobraćajnim znakom nije drugačije određeno [6] (Član 163, Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima). Vozači često ne poštuju ova ograničenja i voze brzinama većim od dozvoljenih, što ugrožava bezbednost dece koja se u povećanom intenzitetu kreću u zoni škole.

Jedna od mera kojom se može uticati na brzinu u zoni škola predstavljaju znakovi sa promenljivim sadržajem (ISZ) koji pored predefinisanih simbola imaju mogućnost prikazivanja trenutne brzine kojom se vozilo kreće. Izgled ovih znakova dat je na sledećoj slici (Slika 1).



a) na portalu

b) pored kolovoza

Slika 1: Izgled ISZ sa predefinisanim simbolom i radarom

Znakovi sa promenljivim sadržajem postavljaju se iznad kolovoza na portalu i/ili pored kolovoza. Ovakvi znakovi daju mogućnost upravljanja saobraćajem u realnom vremenu. Takođe poseduju radar za merenje brzine dolazećih vozila, koji automatski čuva podatke za svako pojedinačno vozilo a koji se mogu koristiti

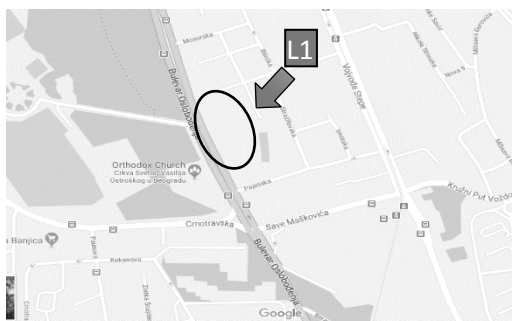
za buduću analizu sa aspekta povećanja bezbednosti saobraćaja.

Vozač koji se kreće ka znaku dobija informaciju o brzini kretanja. Ukoliko se kreće po ograničenju, na znaku je ispisana samo njegova brzina. Ukoliko vozač prekorači ograničenje, znak koji prikazuje brzinu kretanja vozila počinje da trepće i pali se znak upozorenja, deca na putu. Na taj način, vozač se opominje da čini prekršaj pa vozači najčešće smanje brzinu, deo vozača to čini iz straha da bi mogao da bude sankcionisan te je to razlog smanjenja brzine kretanja.

### 3. METOD I POSTUPAK ISTRAŽIVANJA

Da bi se utvrdilo da li postoji uticaj znakova sa promenljivim sadržajem na prekoračenja brzina kretanja odrađeno je pilot istraživanje na dve lokacije. Kako bi se ispitao uticaj ISZ, na ponašanje vozača, prilikom prolaska kroz zonu škole analizirane su dve lokacije u zoni osnovnih škola koje imaju slične tehničko eksploatacione karakteristike, s tim što na jednoj lokaciji postoji instaliran promenljivi saobraćajni znak dok ga na drugoj lokaciji nema.

Lokacija L1 nalazi se u Beogradu u zoni Osnovne škole Filip Filipović na Bulevaru Oslobođenja (Slika 2).



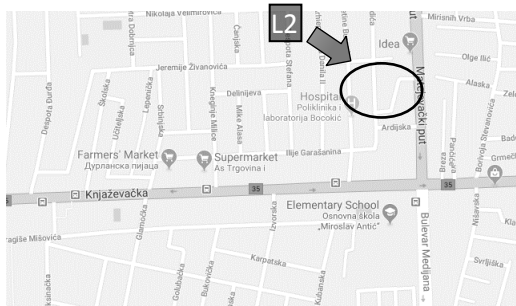
Slika 2 : Lokacija L1

Na ovoj lokaciji postoje dve kolovozne trake sa dve trake po smeru. Saobraćaj u zoni škole regulisan je saobraćajnim znakovima. Na ovoj lokaciji brzine kretanja



snimane su u smeru od autoputa ka Trošarini.

Lokacija L2 nalazi se u Nišu, u zoni Osnovne škole Miroslav Antić u Knjaževačkoj ulici (Slika 33).



Slika 3 : Lokacija L2

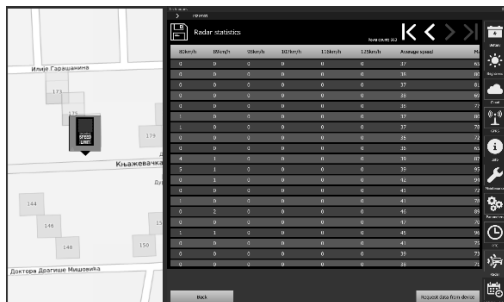
Na ovoj lokaciji postoje dve trake po smeru. Pored standardnih zankova za regulisanje saobraćaja u zoni škole, u ovoj situaciji postoji i znak sa promenljivim sadržajem koji u sebi ima ugrađen radar za merenje brzine. Brzina kretanja posmatrana je za jedan smer.



Slika 4: Podaci dobijeni snimanjem kamerom

Za potrebe ovog istraživanja podaci su prikupljeni na dva načina. Prvi način prikupljanja podataka je pomoću radara i video kamere. Na taj način izvršeno je snimanje saobraćaja na lokaciji L1. Na ovoj lokaciji snimanje je rađeno za period od 12 do 13 časova. Posle snimanja pristupilo se obradi snimka. Snimak je pregledan pomoću softvera „Kinovea“ a podaci su beleženi u „MS Excel“. Izgled dobijenih snimaka dat je na sledećoj slici (Slika 4).

Na lokaciji L2, podaci su prikupljeni na osnovu izmenjivog saobraćajnog znaka (ISZ) u koji je ugrađen radar. Podaci se arhiviraju na serveru u vidu tabele (Slika 5), pri čemu je analiziran period od 12:00 do 13:00 časova.



Slika 5 : Podaci dobijeni pomoću ISZ

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

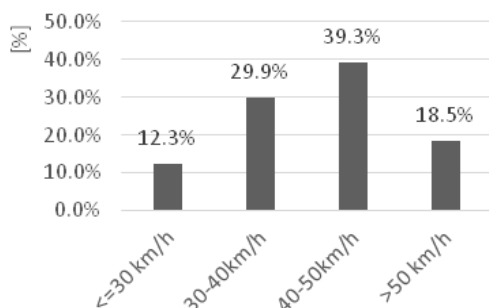
Na osnovu podataka prikupljenih na lokaciji L1, može se konstatovati da postoji veliki problem prekoračenja brzina kretanja vozila u zoni škole. U analiziranom periodu evidentirano je 616 vozila. Analizom prikupljenih podataka utvrđeno je da se najviše vozila kretalo brzinom koja je veća od dozvoljene za 10-20km/h, odnosno 242 vozila (39,3%), dok je značajan i broj prekoračenja preko 20km/h (Tabela 10). Najveća izmerena brzina na ovoj lokaciji iznosi 81km/h što je za 51km/h veća brzina kretanja od dozvoljene. Iz svega ovog može se zaključiti da se u zoni škole moraju primeniti mere koje će uticati na smanjenje brzine.

Tabela 10: Raspodela brzina na lokaciji L1

Čas	≤30	30-40	40-50	>50	Σ
12-13	76	184	242	114	616

Od ukupnog broja vozila samo 76 vozila odnosno 12,3% vozila kretalo se dozvoljenom brzinom kretanja, što predstavlja mali udeo u ukupnoj raspodeli brzina.

Kada se posmatra raspodela brzina na lokaciji L2, čije vrednosti su dobijene automatskim snimanjem pomoću radara postavljenog u izmenjivom saobraćajnom znaku, od 446 vozila koja su prošla kroz posmatranu zonu škole, 152 vozila su se kretala brzinom manjom ili jednakom od 30km/h (34,1%).



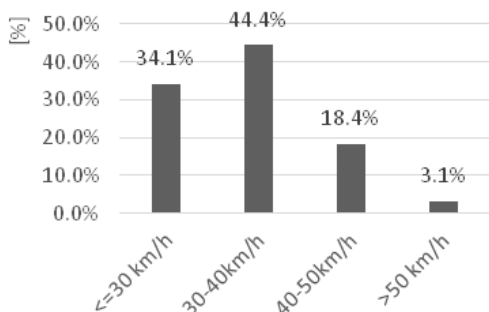
Grafik 2: Raspodela brzina na lokaciji L1

Najveći udeo u raspodeli brzina imaju vozila koja su se kretala brzinom od 30 do 40 km/h tj. 198 vozila (44,4%) (Tabela 11 i Grafik 3). U ovoj grupi nalaze se vozila koja su dozvoljenu brzinu prekoračila u rasponu od 1 do 10km/h.

Tabela 11: Raspodela brzina na lokaciji L2

Čas	≤30	30-40	40-50	>50	Σ
12-13	152	198	82	14	446

U raspodeli brzina, najmanji je broj vozila koja su brzinu prekoračila za više od 20km/h (3,1%).

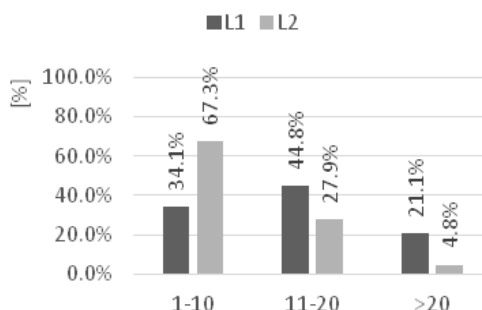


Grafik 3: Raspodela brzina na lokaciji L2

Najveća brzina koju je radar detektovao na ovoj lokaciji iznosi 61km/h

što je 31km/h preko ograničenja. Na ovoj lokaciji oko 20% veći je broj vozača koji se kretao propisanom brzinom.

Uporednom analizom ustanovljeno je da na lokaciji L1 na kojoj nije instaliran ISZ postoji manji broj prekoračenja koja se kreću u intervalu od 1-10km/h za oko 33% u odnosu na lokaciju L2 gde postoji IZS. Kod prekoračenja brzine od 11-20km/h na lokaciji L1 evidentiran je veći broj prekoračenja u odnosu na lokaciju L2 za oko 17%.



Grafik 4: Prekoračenja brzine na lokacijama 1 i 2

Sličan odnos je i kod prekoračenja većih od 20km/h, odnosno na lokaciji L1 za 16,3% veći je broj prekoračenja u odnosu na lokaciju L2. (Tabela 12 i Grafik 4).

Tabela 12: Prekoračenje brzine na lokacijama 1 i 2

Lokacija	1-10	11-20	>20	Σ
L1	184	242	114	540
L2	198	82	14	294

Sa prethodnog grafika (Grafik 4), može se zaključiti da se najveći uticaj znaka sa izmenjivim sadržajem vidi kod prekoračenja većih od 10km/h, a ta prekoračenja ujedno i predstavljaju najveću opasnost po decu, ali i ostale učesnike u saobraćaju, smislu da se sa većim brzinama dešavaju se sa većim žestinama odnosno posledicama po učesnike.

## 5. ZAKLJUČAK

Najveći uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda predstavlja nepoštovanje propisane brzine kretanja u zoni škole. Kako bi se povećala bezbednost dece u zoni škole neophodno je primeniti mere koje će uticati na to da vozači prilikom prolaska kroz samu zonu smanje brzinu kretanja i obrate veću pažnju na kretanje dece ali i drugih ulesnika u saobraćaju. Da bi se na adekvatan način upravljalo brzinom neophodno je primeniti različite mere kako bi vozači smanjili brzinu kretanja. Da bi se utvrdio uticaj znakova sa izmenjivim sadržajem odrađeno je pilot istraživanje na dve lokacije koje su sličnih tehničko-eksploatacionih karaktersitika. Postavljanjem znakova sa izmenjivim sadržajem u zoni škole, ostvaruje se mogućnost upravljanja saobraćajem u realnom vremenu. Analizom je utvrđeno da znakovi sa izmenjivim sadržajem koji u sebi imaju instaliran i radar za merenje brzine kretanja vozila, najveću uticaj ima na vozače koji brzinu prekorače za više od 10km/h. Takođe analizom je ustanovljeno da na lokaciji L1 gde nije instaliran ISZ, postoji manji broj prekoračenja koja se kreću u intervalu od 1-10km/h za oko 33% u odnosu na lokaciju L2 gde postoji IZS. Kod prekoračenja brzine od 11-20km/h na lokaciji L1 evidentiran je veći broj prekoračenja u odnosu na lokaciju L2 za oko 17%. Prednosti ovakvih sistema ogledaju se u tome da pružaju mogućnost praćenja u realnom vremenu, jer se podaci

beleže od 00-24h. Na pojedinim ISZ uređajima postoji mogućnost da se pripadnici MUP-a priključe na uređaj i u određenim momentima vrše kontrolu brzine. Na taj način vozači ne bi imali uvid u to da li se brzina prikazuje samo kao upozorenje, ili se vrši kontrola u smislu sankcionisanja.

## LITERATURA

- [1] World Health Organization. World report on road traffic injury prevention. Geneva, 2004.
- [2] World Health Organization. World Health Statistics. Geneva, 2008.
- [3] Mathers C, Loncar D. Updated projections of global mortality and burden of disease, 2002–2030: data sources, methods and results. Geneva, World Health Organization, 2005.
- [4] Jovanović, D., Počuč, M., Vukobratović, I., Bačkalić, S., Matović, B., Pljakić, M... (2017). Istraživanje i analiza bezbednosti saobraćaja u zonama predškolskih i školskih ustanova na području grada Novog Sada. Novi Sad: Adomne d.o.o.
- [5] Abdel-Aty, M., Chundi, S.S., Lee, C. (2007). Geo-spatial and log-linear analysis of pedestrian and bicyclist crashes involving school-aged children. Journal of Safety Research 38, pp. 571-579.
- [6] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, ("Sl. glasnik RS", br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - odluka US, 55/2014, 96/2015 - dr. zakon, 9/2016 - odluka US, 24/2018, 41/2018 i 41/2018 - dr. zakon), Član 163.

## SUMMARY

### THE IMPACT OF SIGNS WITH INTERCHANGEABLE CONTENT ON TRAFFIC SAFETY, IN THE SCHOOL ZONE

**Abstract:** Accelerated development of information technologies enables daily activities to be carried out in a faster and simpler way, with constant adaptation to the needs of end users. The use of information technology for traffic management and

*regulation, increases the safety of the bus and enables better monitoring of the traffic flow parameters. Because children fall into the category of vulnerable road users, it is very important that in schools' zones, where there is an increased intensity of flows of this category of participants, it manages speeds in an adequate manner. One of the measures is also the installation of exchangeable content signaling. The research has determined which impact drivers have interchangeable traffic signaling, as well as its advantages and disadvantages.*

**Key words:** school zone, traffic safety in school zones, interchangeable traffic signaling, speed management

## UPOTREBA SAVREMENE SAOBRAĆAJNE OPREME – BRZINSKI DISPLEJ SA RADAROM I TRČEĆI PEŠAK

**Aleksandar Salević**, Model 5 doo, Beograd, [aleksandar.salevic@model5.rs](mailto:aleksandar.salevic@model5.rs)

**Dejan Ivanović**, Model 5, Model 5 doo, Beograd, [dejan.ivanovic@model5.rs](mailto:dejan.ivanovic@model5.rs)

**Biljana Ranković Plazinić**, Model 5 doo, Beograd, [biljana.rankovic@model5.rs](mailto:biljana.rankovic@model5.rs)

**Milutin Djenadić**, Model 5 doo, Beograd, [milutin@model5.rs](mailto:milutin@model5.rs)

**Marijana Pantić**, Model 5, [marijana.pantic@model5.rs](mailto:marijana.pantic@model5.rs)

**Božidar Vlačić**, Model 5 doo, Beograd, [bozidar.vlacic@model5.rs](mailto:bozidar.vlacic@model5.rs)

**Rezime:** *Interaktivni saobraćajni znakovi kao što su uređaji za prepoznavanje brzine kretanja vozila se koriste da upozore i podsete vozače da prekoračuju ograničenje brzine na određenom delu puta. Brzina, prema podacima Agencije za bezbednost saobraćaja, predstavlja jedan od glavnih uzročnika saobraćajnih nezgoda na teritoriji Republike Srbije. Brzinu kretanja vozila je naručito važno prilagoditi uslovima puta u zonama povećanog broja ranjivih učesnika u saobraćaju (pešaci i biclisti), kao i u zonama objekata u kojima se može očekivati povećano učešće dece ili starih lica u saobraćaju. Takođe, povećanje uočljivosti i mogućnost prepoznavanja pozicije pešačkih prelaza može imati velikog uticaja na povećanje bezbednosti pešaka u saobraćaju. Dosadašnja iskustva upotrebe saobraćajnih znakova sa unutrašnjim osvetljenjem koji se postavljaju iznad puta pokazuje da ova vrsta saobraćajnih znakova može imati izuzetno jak pozitivan uticaj na mogućnost blagovremenog uočavanja pešačkih prelaza, a samim tim i na povećanje bezbednosti korisnika pešačkih prelaza.*

**Ključne reči:** *saobraćajna oprema, brzinski displej, trčeći pešak, pešački prelaz*

### 1. UVOD

Život u saobraćajnim nezgodama godišnje izgubi u proseku oko 1,2 miliona ljudi, dok preko 20 miliona bude povređeno [1]. Na bezbednost saobraćaja utiče složeni skup faktora čiji su osnovni elementi čovek, vozilo, put i okruženje.

Brzina predstavlja jedan od bitnih faktora koji imaju uticaja na posledice saobraćajnih nezgoda. Sa povećanjem prosečne brzine kretanja vozila se smanjuje vreme koje vozači imaju na raspolaganju kako bi prepoznali opasnost, obradili informaciju i reagovali na odgovarajući način. Uz to, posledice saobraćajnih nezgoda se značajno povećavaju sa porastom brzine kretanja vozila. Pri kontaktu vozila i pešaka od svega 30 km/h,

već postoji rizik od smrtnog stradanja, dok su šanse za preživljavanje pešaka pri sudarnoj brzini od 80 km/h svega oko 10%. Direktnan odnos nastanka saobraćajnih nezgoda i brzine kretanja vozila je složen, ali gotovo sva istraživanja su pokazala da broj sudara raste sa porastom brzine i obrnuto.

Sa druge strane, pešaci predstavljaju jednu od najranjivijih kategorija učesnika u saobraćaju. Potreba za kretanjem pešaka i motornih vozila neretko zahteva da ove dve kategorije učesnika u saobraćaju moraju deliti saobraćajne površine po kojima se kreću. Veoma je važno obezbediti pešacima trotoare i pešačke prelaze na mestima na kojima za to postoji potreba. Značajan problem predstavlja što pešaci nisu uvek vidljivi vozačima i što pri

kontaktu sa vozilima gotovo da nemaju nikakve šanse da izbegnu teške posledice. Pešačke prelaze je neophodno obeležiti odgovarajućim elementima saobraćajne signalizacije kako bi se obezbednila jasna uočljivost ovih objekata.

Elementi saobraćajne opreme kao što su „trčeći (Pera) pešak“ i svetiljke za osvetljavanje pešačkih prelaza mogu doprineti boljoj uočljivosti, a samim tim i povećanju bezbednosti pešaka. Takođe, upotrebom radara za kontrolu brzine sa displejom treba uticati na smanjenje brzine kretanja vozila, što može doprineti smanjenju broja saobraćajnih nezgoda, ali i njihovih posledica.

## **2. BEZBEDNOST RANJIVIH UČESNIKA U SAOBRAĆAJU U REPUBLICI SRBIJI**

Prema podacima Agencije za bezbednost saobraćaja, u periodu od 2011. do 2015. godine u Republici Srbiji je život izgubilo 805 pešaka, dok je blizu 15.000 pešaka bilo povređeno [2]. Ukoliko se posmatra procentualno učešće pešaka među nastradalim licima u saobraćaju, pešaci čine oko 25% među poginulim i oko 16% među povređenim licima. Ukoliko se posmatra broj poginulih pešaka po godišnjim dobima, može se uočiti da je rizik od smrtnog stradanja pešaka tokom jeseni i zime znatno viši odnosu na proleće i leto. To može direktno biti posledica lošijih meteoroloških uslova (kiša, sneg, magla) koje karakteriše smanjena vidljivost i pri kojoj učesnici u saobraćaju mogu imati poteškoća u međusobnom uočavanju i prepoznavanju. Kada su u pitanju starosne kategorije pešaka, daleko najugroženiju grupu čine lica starija od 65 godina, a posebnu pažnju treba obratiti i na decu starosti do 14 godina koja čine oko 3% ukupnog broja poginulih pešaka.

Pored pešaka, značajnu grupu ranjivih učesnika u saobraćaju čine i biciklisti.

Njihova ranjivost se ogleda u činjenici da i pri relativno malim brzinama, biciklisti često zadobijaju teške telesne povrede. Uočljivost biciklista takođe ima važnu ulogu jer su oni teško uočljivi za druge učesnike u saobraćaju zbog svoje veličine u poređenju sa ostalim vozilima. U Republici Srbiji je u periodu od 2014. do 2016. godine život izgubilo 175 biciklista dok je preko 4.700 bilo povređeno [3].

## **3. SAOBRAĆAJNA SIGNALIZACIJA I OPREMA ZA OBELEŽAVANJE PEŠAČKIH PRELAZA**

Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji je definisan način obeležavanje pešačkih prelaza. Saobraćajna signalizacija ima značajnu ulogu u kanalisanju pešačkih tokova i smanjivanju broja konfliktnih tačaka između pešaka i vozila. Osnovu označavanja predstavljaju uzdužne oznake na kolovozu i saobraćajni znakovi za obeležavanje mesta na kojem se nalazi pešački prelaz [4]. Ipak, na mestima na kojima se može očekivati intezivni pešački tokovi, deca ili stara lica, preporuka je da se koriste i ostali elementi saobraćajne opreme za obeležavanje pešačkih prelaza. Svi ovi elementi saobraćajne opreme mogu aktivno uticati na povećanje bezbednosti

### **3.1. Radar za kontrolu brzine sa displejom**

Radar za kontrolu brzine sa displejom meri i prikazuje brzinu vozila koja mu prilaze. Sam radar se sastoji od displeja na kojem se prikazuje brzina dolazećeg vozila i mikrotalasnog radara čiji sistem meri brzinu na principu Doplerovog efekta. U slučaju prekoračenja dozvoljene brzine kretanja displej trepće i na taj način upozorava vozača da se ne kreće bezbednom brzinom. Takođe, na displeju mogu biti prikazane i prateće poruke kao što su „Uspori“, „Hvala“ ili slično u zavisnosti od željenog efekta. Nezavistan sistem napajanja preko solarnih panela



omogućava montažu radara na bilo kojoj lokaciji, nezavisno od toga da li u blizini postoji izvor električne energije.

Upotreba radara za kontrolu brzine sa displejom je, kao element savremene saobraćajno tehničke opreme, našla široku primenu u razvijenim zemljama širom sveta. Lokacije na kojima se najčešće postavljaju ovi radari su zone škola ili rute po kojima se kreću đaci kada dolaze u školu, zone radova ili urbani gradski centri sa povećanim učešćem ranjivih učesnika u saobraćaju.

Istraživanja koja su sprovedena u Velikoj Britaniji i SAD-u su pokazala da radari za kontrolu brzine sa displejom imaju uticaja na smanjenje brzine kretanja vozila [5]. Prosečno smanjenje brzine kretanja vozila na tri posmatrane lokacije je iznosilo od 5 do 15 km/h nakon postavljanja radara za kontrolu brzine [6].



Slika 1: Radar za kontrolu brzine sa radarom

### 3.2. Trčeci „Pera“ pešak

Svetlosni saobraćajni znak trčeci „Pera“ pešak se postavlja na poluportalni nosač iznad kolovoza. Sastoji se od saobraćajnog znaka za pešački prelaz (III-6) sa unutrašnjim osvetljenjem i lanterne sa 3 sočiva prečnika 300 mm i žutim svetlima pešaka koja se naizmenično pale i gase. Takođe, osim saobraćajnog znaka za pešački prelaz moguće je postavljanje i saobraćajnog znaka za označavanje

prelaska biciklističke staze preko kolovoza (III-5) ili kombinacija ova dva znaka (III-7). Sistem je opremljen solarnim panelima koji omogućavaju nezavisnost sistema od spoljašnjih izvora električne energije. Ovaj saobraćajni znak značajno povećava uočljivost pešačkog prelaza, naročito u noćnim uslovima i na delovima puta sa umanjenom preglednošću.

Postavljanje svetlosnog saobraćajnog znaka trčeci „Pera“ pešak treba predvideti na pešačkim prelazima u zonama škola, na putevima ka zonama škola, na mestima na kojima se očekuje prisustvo starih lica, na pešačkim prelazima na putevima na kojima ne postoji javna rasveta i na pešačkim prelazima na ulazno izlaznim pravcima iz naselja, jer su na ovim lokacijama pešaci najugroženiji.



Slika 2: Trčeci „Pera“ pešak

### 3.3. Osvetljenje pešačkih prelaza

Pešački prelazi predstavljaju mesto konflikta vozila i pešaka. Veliki broj saobraćajnih nezgoda sa pešacima sa najtežim posledicama se dešavaju u uslovima smanjene vidljivosti usled nemogućnosti vozača da blagovremeno prepoznaju pešaka i samu lokaciju pešačkog prelaza. U noćnim uslovima je neophodno obezbediti odgovarajuće vizuelne uslove, što je u ovom konkretnom slučaju moguće dodatnim osvetljavanjem pešačkih prelaza. Na ovaj način se dobija pozitivan kontrast pešaka u odnosu na

okruženje i posmatranu deonicu puta. Osvetljenje pešačkih prelaza obezbeđuje lakše prepoznavanje potencijalne prepreke na putu i bolje reagovanje vozača.

Kriterijumi za uključivanje i isključivanje dodatnog osvetljenja se mogu poklapati i sa javnom rasvetom puta, ali to nije uvek slučaj. Preporuka je da se uključivanje i isključivanje svetiljki za osvetljavanje pešačkih prelaza vrši na osnovu jedinstvenih samostalnih setova fotoćelija u zavisnosti od uticaja okoline [7].

Takođe, preporučljiva je primena postavljanja saobraćajnog znaka trčećeg „Pera“ pešaka u kombinaciji sa svetilkama na onim pešačkim prelazima na kojima postoji povećan rizik od nezgode vozila i pešaka.



Slika 3: Osvetljenje pešački prelaz [8]

#### 4. ZAKLJUČAK

Kao što je već pomenuto, pešački prelazi su opasna mesta sa aspekta bezbednosti saobraćaja. Ranjivi učesnici su ti koji u kontaktu sa vozilima često prolaze sa teškim posledicama.

Primenom savremenih saobraćajno-teničkih mera kao što su radar za kontrolu brzine sa displejom, trčeći „Pera“ pešak ili svetiljke za osvetljavanje pešačkih prelaza se može direktno uticati na povećanje bezbednosti ranjivih učesnika na pešačkim prelazima kao i u drugim zonama u kojima

se očekuje povećano učešće dece i starih lica u saobraćaju.

#### LITERATURA

- [1] Global status report (2015), WHO
- [2] Statistički izveštaj o stanju bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji u 2017. (2018), Agencija za bezbednost saobraćaja
- [3] Bezbednost biciklista u saobraćaju (2017), Agencija za bezbednost saobraćaja
- [4] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji 85/17
- [5] Veneziano, David; Hayden, Larry; Ye, Jared (2010). *Effective Deployment of Radar Speed Signs*. Bozeman, Montana: Western Transportation Institute, Montana State University.
- [6] Rose, Elisabeth R.; Ullman, Gerald L. (2003). *Evaluation of Dynamic Speed Display Signs*. College Station, Texas: Texas Transportation Institute, Texas A&M University System.
- [7] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji – 6.5 Osvetljenje puta
- [8] Internet stranica: <http://www.minelschreder.rs/sr/Novosti/news/213/Osvetljenje+pe%C5%A1a%C4%8Dkih+prelaza.html> Pristupljeno: 15.09.2018.

## SUMMARY

### USE OF MODERN ROAD EQUIPMENT - SPEED DISPLAY WITH RADAR AND RUNNING PEDESTRIAN

**Abstract:** *Interactive traffic signs such as devices for detecting vehicle speeds are used to alert and remind drivers to exceed the speed limit on a particular section of the road. According to the data of the Traffic Safety Agency, the speed is one of the main causes of traffic accidents in the territory of the Republic of Serbia. It is of course important to adjust the speed of the vehicle to the conditions of the road in zones of increased number of vulnerable road users (pedestrians and bikers), as well as in areas where facilities can be expected to increase the participation of children or elderly people in traffic. Also, increasing the visibility and the ability to recognize the position of pedestrian crossings can have a major impact on increasing the safety of pedestrians in traffic. Previous experiences of the use of traffic signs with intrinsically illuminated lights that show up above the road show that this type of traffic signs can have a very strong positive impact on the ability to spot the pedestrian crossings in a timely manner, and hence to increase the safety of users of pedestrian crossings.*

**Keywords:** traffic equipment, speed display, running pedestrian, crosswalk

## INTELEKTNI TRANSPORTNI SISTEMI U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI CITY LOGISTIKE SA OSVRTOM NA BiH

**Abidin Deljanin**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu, BiH,  
a\_deljanin@hotmail.com

**Ermin Muharemović**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu, BiH,  
erminmuharemovic@hotmail.com

**Mirza Berković**, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Univerzitet u Sarajevu, BiH,  
mirza.b79@gmail.com

**Rezime:** *Dobro isplaniran i organizovan transport u gradskim sredinama ima veoma značajnu ulogu u cjelokupnoj gradskoj ekonomiji. Osnovna misija city logistike jeste redukcija ukupnog broja vožnji transportnih sredstava u urbanim zonama i ublažavanje njihovih negativnih uticaja na saobraćaj i okolinu. Povećanje city logistike u gradskim zonama proizilazi iz novih proizvodnih i distribucijskih strategija, koje se baziraju na niskim nivoima zaliha te preciznim krajnje definisanim isporukama kao i sve većim trendom elektronske trgovine i isporuke do kućne adrese. Istraživanja pokazuju da dvije trećine ukupnih robnih tokova ima izvor ili destinaciju unutar centralnih gradskih zona. City logistiku karakteriše veliki broj učesnika sa različitim ciljevima i složenim međusobnim interakcijama. Ubrzanim razvojem, uvođenjem i upotrebom inteligentnih transportnih sistema u svim oblastima transporta, zahvatilo je i city logistiku. Implementacijom različitih inteligentnih transportnih sistema u city logistici ostvaruju se pozitivni efekti kao što su: Smanjenje troškova kompanije od 5-20%, smanjenje broja pređenih kilometara u gradskim sredinama čak i do 60%, procenat isporuke se povećava za oko 15% dr. Rad daje prikaz različitih inteligentnih sistema koji se implementiraju u city logistiku te njihove koristi od uvođenja. City logistika u Bosni i Hercegovini je u početnoj fazi uvođenja inteligentnih transportnih sistema radi optimizacije i unapređenja. Kroz rad je dat prikaz city logistike u Bosni i Hercegovini kao i primjeri uvođenja inteligentnih transportnih sistema.*

**Ključne riječi:** *Logistika, inteligentni transportni sistemi, city logistika, vozila*

### 1. UVOD

Da bi promet uopće funkcionisao, neophodna je odgovarajuća infrastruktura, koja će omogućiti efikasno i ekonomično, a prije svega bezbjedno odvijanje saobraćaja. Projektovanje efikasnog logističkog sistema podrazumjeva analizu i planiranje svih elemenata koji mogu uticati na njegove performanse.

Naglim razvojem internet prodaje odnosno elektronskih trgovina i približavanju proizvoda kupcima, doveli su do povećanja broja dostava u urbanim sredinama. Povećan broj preuzimanja i dostava na kućnim adresama je imalo direktan efekat i na gradsku logistiku. U posljednje vrijeme se sve više rade istraživanja u oblasti gradske logistike posebno u velikim gradovima. Ova istraživanja daju različite rezultate i

praktična rješenja, prvenstveno jer city logistički tokovi imaju obilježja parcijalnosti, prostorne disperzije generatora, raznolikost u pogledu strukture logističkih lanaca, učestalost velikog broja manjih preuzimanja i dostava na malom prostoru, dinamičnost i dr. Naravno treba imati na umu da gradska logistika podržava zaposlenost i stvara prihode, ali sa druge strane treba uzeti u obzir i negativne utjecaje na sve bitne funkcije grada. Povećan broj preuzimanja i dostava iziskuje i povećanje kapaciteta, što direktno implicira i na povećan broj vozila i vozača koji izvršavaju logističke aktivnosti u gradskoj dostavi. Upravo kod takvih aktivnosti dolazi do izražaja implementiranje inteligentnih transportnih sistema koji u velikoj mjeri mogu da poboljšaju kvalitet, produktivnost, optimiziraju vrijeme dostave, smanje troškove ali i da povećaju transparentnost, sigurnost i zadovoljstvo korisnika gradske logistike.

Veliki dio robnih tokova završava ili počinje unutar grada. Najveći dio ovih tokova na području grada realizuju logistički sistemi špediterskih, trgovačkih, uslužnih, industrijskih i drugih firmi. Važnost robnog transporta u gradu pokazuju i rezultati istraživanja da dvije trećine ima izvor ili destinaciju unutar centralnih gradskih zona. Najuzi centar grada (CBD-Central Business District) u evropskim metropolama sa oko 1-2% ukupne površine grada inicira trećinu svih teretnih vozila u toku dana.

Razlog sve većeg učešća teretnog transporta u gradu su trendovi u proizvodnji i distribuciji bazirani na niskom nivou zaliha i vremenski precizno definisanim isporukama (JIT, Just In Time strategija).

Kroz rad su prikazani različiti inteligentni sistemi koji se implementiraju u svrhu racionalizacije i optimizacije gradske logistike. Poseban osvrt kroz rad je dat i na gradsku logistiku u Bosni i Hercegovini kao i inteligentni transportni sistemi koji su implementirani.

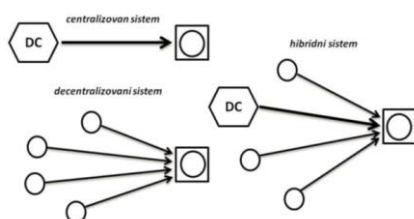
## **2. CITY LOGISTIKA I INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI**

Engleska riječ „city“ potiče od latinske riječi „civitas“ – visoko organizovana zajednica (riječ korištenja za opisivanje gradova – država Antičke Grčke). City logistika je pojam koji u posljednje vrijeme privlači pažnju stručnih i naučnih foruma. Često se umjesto pojma city logistika koriste neki drugi termini, a u nekim slučajevima se pod city logistikom podrazumjeva samo određeno konceptijsko rješenje. Centralne gradske zone imaju veliku gustinu izgrađenosti i predstavljaju mjesto koncentracije različitih aktivnosti: trgovina, ugostiteljstvo, stanovanje, administracija, industrija, kultura itd., a često se u ovim zonama nalazi i većina turističkih atrakcija. Ulična mreža je također gusta, ulice su različitih karakteristika, često veoma uske i jednosmjerne, posebno u historijskim dijelovima grada i namjenjene samo za određenu vrstu saobraćaja (pješačke zone itd). Prostorne mogućnosti ovih ulica otežavaju funkcionisanje svih urbanih sadržaja lociranih u centru, a posebno njihovu podršku – logistiku snabdjevanja. Iz ovih razloga prvenstveno su se rješavali problemi u centralnim i istorijskim dijelovima grada. Većina podataka o urbanom teretnom transportu uglavnom se odnosi na vozila nosivosti preko 3,5 t. U realizaciji teretnih tokova koriste se i: lahki kamioni, kombi vozila, putnička vozila kupaca, putnička ili kombi vozila uslužnog

preduzeća i dr. Cilj city logistike jeste efikasnije odvijanje cjelokupnog prometa u gradu smanjenjem broja teretnih vozila što dovodi do smanjenja zagušenja ulične mreže i vremena putovanja, veće bezbjednosti itd. Osnovni zadatak city logistike jeste redukcija ukupnog broja vožnji transportnih sredstava u urbanim zonama i ublažavanje njihovih negativnih uticaja. Istraživanja koja je sproveo Iveco u devet evropskih zemalja pokazala su da oko 48% vozila kruži unutar gradova i city centara, a oko 32% vozila u suburbanim područjima.

Učešće teretnog transporta (kamioni preko 3,5t) u ukupnom prometu u urbanim sredinama Evrope kreće se oko 10% (Njemačka – oko 5%, Engleska – do 15%), a u Japanu oko 35% i ima trend rasta. Prema nekim istraživanjima do 2030. godine očekuje se porast teretnog prometa, izražen u pređenim kilometarima za oko 40%. Značaj urbanog transporta može se prikazati i troškovima distribucije koji čine oko 40% ukupnih troškova kombinovanog transporta “od vrata do vrata”. Značaj ovih troškova u budućnosti će rasti s obzirom na trend smanjenja zaliha, manjih, a češćih isporuka. Oko 85% isporučene robe realizuje se sa 5% pokretanja drumskih teretnih vozila, a preostalih 15% isporuke sa 95% pokretanja.

Za snabdjevanje objekata u gradu najčešće se koristi jedan od tri osnovna sistema snabdjevanja: centralizovani, decentralizovani ili hibridni sistem.



Slika 1: Tri osnovna sistema snadbijevanja

Kod centralizovanog sistema sve isporuke do objekta se dolazi iz jedne tačke, distributivnog centra (DC). Postoje dva oblika centralizovanog sistema: interni – za objekte koji su vlasništvo kompanije koja ima sopstvenu distributivnu mrežu i snabdjeva objekte iz sopstvenog DC-a i eksterni – za objekte koje snabdjeva jedan veletrgovac ili kada svi snabdjevači šalju robu preko jedne transportne kompanije koja ima svoju distributivnu mrežu tako da se svi tokovi za objekat konsoliduju u centru transportne kompanije. U decentralizovanom sistemu snabdjevanja objekat prima robu nezavisno od većeg broja snabdjevača. Ovaj sistem generiše veći broj vozila i isporuka za objekat. Hibridni sistem predstavlja kombinaciju centralizovanog i decentralizovanog sistema snabdjevanja. Centralizovani sistem snabdjevanja karakteriše objekte koji su u mreži velikih kompanija, a većina nezavisnih objekata ima decentralizovan sistem snabdjevanja i mala je vjerovatnoća da neki od ovih objekata ima interni centralizovani sistem snabdjevanja.

Inteligentni transportni sistemi se mogu definirati kao upravljačka, holistička i informacijsko-komunikacijska (kibernetiska) nadogradnja klasičnog sustava prometa i transporta kojim se postiže znatno poboljšanje performansi, odvijanje prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, poboljšanje sigurnosti u prometu, udobnost i zaštita putnika, manja onečišćenja okoliša itd.

Kombinacijom hardvera i softvera stvaraju se inteligentni transportni sistemi koji imaju osnovni cilj da povećaju nivoa sigurnosti svih sudionika u prometu, bolje informiranje putnika i aktivan nadzor nad prometom, bolje upravljanje voznim parkom i dr.



Izbor ITS rješenja za pojedini sustav se bira uzimajući u obzir više kriterija kao što su sigurnost, učinkovitost, usklađenost sa postojećim sustavom, normizacija, kvalitet i pouzdanost.

### 3. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI CITY LOGISTIKE

Inteligentni transportni sistemi se aktivno uvode u sve grane transporta i logistike s ciljem optimizacije procesa, poboljšanje organizacije transporta i logistike, optimizacija kretanja vozila, bolja kontrola vozila i vozača, smanjenje pređenih kilometraža, veća produktivnost vozila i vozača i dr.

Radi boljeg razumijevanja i prikaza neophodno je postojeće inteligentne transportne sisteme koji se koriste u gradskoj logistici kategorizirati u nekoliko skupina i to:

1. Inteligentni transportni sistemi za sigurnost u obavljanju city logistike
2. Lokacijski i navigacijski inteligentni transportni sistemi u city logistici
3. Inteligentni transportni sistemi za upravljanje dostavom u city logistici
4. Inteligentni transportni sistemi za upravljanje u skladištima

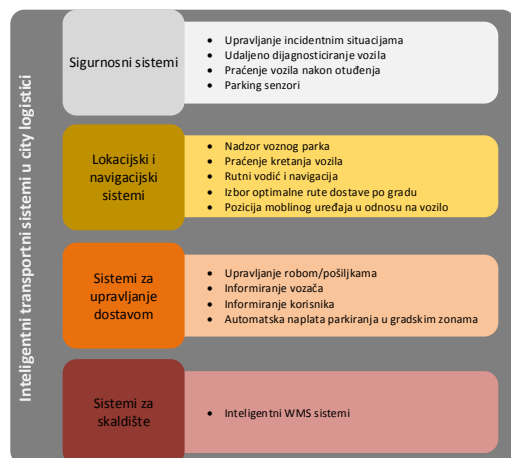
Svaka od prethodno nabrojanih kategorija ima svoje podsisteme koje je moguće implementirati u City logistiku čime se postižu različiti benefiti kako za kompaniju tako i za korisnike gradske logistike.

Sigurnosni inteligentni transportni sistemi se jako često implementiraju prvenstveno zbog sigurnosti vozača, vozila i robe ali i sudionika u gradskom saobraćaju. Ovi sistemi pomažu prilikom incidentnih situacija, dijagnosticiranju kvara na vozilu, praćenje vozila nakon

otuđenja, parking senzori odnosno sistemi detekcije predmeta i ljudi u blizini vozila.

Najčešće korišteni inteligentni sistemi u gradskoj dostavi su sistemi koji omogućavaju lokacijske i navigacijske usluge kako vozačima tako i dispečerima odnosno organizatorima transporta. Najčešće korišteni sistemi su:

- Nadzor voznog parka (evidencija vozila koja su na popravkama, vozila koja su na dostavi, vozila koja su na parkingu itd),
- Praćenje kretanja vozila te eventualne neregularnosti u odnosu na planiranu rutu kretanja,
- Rutni vodič i navigacija pomažu u optimizaciji ruta pogotovo u užim gradskim zonama gdje postoji veliki broj ulica u kojima je zabranjeno kretanje vozila (pješačke zone i dr),
- Pozicija mobilnog uređaja u odnosu na vozilo je jako koristan sistem koji alarmira organizatora transporta u slučaju da se na nepredviđenim djelovima rute dešava određeno udaljavanje mobilnog skenera od vozila i robe, te može pomoći u brzom reagiranju i kontaktiranju vozača o eventualnim nepravilnostima.



Slika 2: Pregled najčešće korištenih inteligentnih transportnih sistema u city logistici

Sistemi za upravljanje dostavama imaju internu i eksternu funkciju. Interna funkcija pomaže organizatorima transporta o praćenju robe i pošiljaka u realnom vremenu, a eksterna funkcija omogućuje korisnicima usluga uvid u stanje kretanja robe te potencijalno vrijeme dostave na adresu. U gradskim zonama je također veliki problem parking prostor, gdje je na malom prostoru velika koncentracija vozila, pa se jako često koriste sistemi koji rade automatsku naplatu parkinga prilikom dostave na određenu adresu. Čime se povećava produktivnost vozača jer se ne zadržava na plaćanju parkinga.

U logistici jako često korišteni WMS (Warehouse management sistem) potpomognut inteligentnim funkcijama koje mogu da povećaju produktivnost rada skladišta, brža i efikasnija organizacija utovara i istovara vozila, praćenje stanja zaliha i robe u skladištima u realnom vremenu i dr.

Istraživanja su pokazala da korištenjem različitih prethodno nabrojanim inteligentnim transportnih sistema u city logistici mogu ostvariti sljedeći efekti:

- smanjenje troškova kompanija od 5 do 20%,
- smanjenje broja pređenih kilometara vozila u gradskim sredinama do 60%,
- smanjenje broja pokretanja drumskih teretnih sredstava od 30 do 60 %,
- smanjenje broja ulazaka u pojedine gradske zone od 30 do 60%,
- veličina isporuke se povećava za 15%, a popunjenost vozila za preko 100%,
- smanjuje se potrebna radna snaga, vrijeme isporuke, emisija buke i štetnih gasova,
- povećava se pouzdanost isporuke.

#### **4. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI U FUNKCIJI POVEĆANJA EFIKASNOSTI CITY LOGISTIKE U BIH**

Bosna i Hercegovina zauzima važan geo-strateški položaj Jugoistočne Evrope, ona je nezaobilazno područje kada je u pitanju povezivanje Srednje i Istočne Evrope sa Jadranom i Hrvatske sa njenim jugom. Obzirom na povoljni geografsko - saobraćajni položaj Bosne i Hercegovine i ulogu koju ona može imati u evropskom saobraćajnom sistemu, neophodno je stvoriti sve potrebne preduslove kako bi Bosna i Hercegovina udovoljila zahtjevima evropskog saobraćajnog sistema.

Trgovina je svakako jedan od najvećih generatora city logističkih tokova. Povećanje putničkog i teretnog prometa u BiH i drugim Evropskim zemljama trenutno smanjuje mobilnost ljudi i roba i uzrokuje puno problema.

Svaki grad, ili region, zahtijeva vlastiti koncept city logistike koji se mora neprekidno pratiti i razvijati. Istraživajući city logistiku u Bosni i Hercegovini najviše se pažnje posvećuje gradu Sarajevu jer ima najveću koncentraciju i difuziju pošiljka na teritoriji Bosne i Hercegovine. Prema podacima pojedinih transportnih preduzeća koja se bave preuzimanjem i dostavom pošiljaka na teritoriji Bosne i Hercegovine, u gradu Sarajevu se 55% pošiljka preuzme, a 45% pošiljaka se dostavi u odnosu na ukupan broj pošiljaka koji se preuzme i dostavi na teritoriji države. Iz tog razloga se posebna pažnja posvećuje city logistici grada Sarajeva.

Urbana sredina ili gradska sredina grada Sarajeva je kompaktno izgrađeno naseljeno područje sa velikom gustom naseljenosti u odnosu na okolno područje. Sarajevo se do sada zbog svog specifičnog položaja odnosno zbog toga što je smješteno u kotlini nije moglo razvijati oko

izgrađenog tkiva, nije se moglo širiti radijalno koncentrično u odnosu na tradicionalni centar što za posljedicu ima i određene probleme u saobraćaju, logistici itd. Ukupan broj preduzeća u Kantonu Sarajevo je 32.733, svi oni direktno generišu logističke zahtjeve i pokreću robne i transportne tokove.

*Tabela 1: Rezultati istraživanja*

<b>Frekvencija isporuka</b>	<b>% isporuka</b>
Jednom dnevno	16%
Dva puta dnevno	8%
Više puta dnevno	17%
Jednom sedmično	27%
Manje od jednom sedmično	32%

Prema istraživanju koje je provedeno u gradu Sarajevo frekvencija potreba za dostavom je prikazana u Tabeli 1.

Analizirajući preduzeća koja se bave gradskom dostavom u gradu Sarajevu pa i na teritoriji Bosne i Hercegovine, možemo uočiti da djelimično imaju uvedene inteligentne transportne sistem koji imaju višestruke efekte kako na preduzeće tako i na grad odnosno okruženje. Najčešće uvedeni inteligentni transportni sistemi u city logistici u Bosni i Hercegovini su:

- Segment sigurnost:
  - Parking senzori,
- Segment lokacijski i navigacijski sistemi:
  - Praćenje kretanja vozila,
  - Nadzor voznog parka,
- Segment sistemi za upravljanje dostavom
  - Djelimično uveden sistem Informiranja korisnika o statusu robe (prema istraživanju iz 2017. godine samo 10% transportnih preduzeća je imalo sistem za praćenje robe koji je omogućavao korisnicima uvid u status robe),

- Segment sistemi za skladište:
  - Pojedina preduzeća imaju uveden WMS sistem.

U Bosni i Hercegovini ima jako puno potencijala za uvođenje inteligentnih transportnih sistema koji ce doprinijeti boljoj organizaciji gradske dostave, smanjenje efekata na grad i okolinu, povećati produktivnost preduzeća koja se bave dostavom.

## **5. ZAKLJUČAK**

Cilj i zadatak city logistike jeste da globalno optimizira logistički sistem unutar urbanog područja, poštujući sve sličnosti i razlike pojedinih učesnika, kao i troškova i dobiti kako javnog tako i privatnog sektora.

Posljedice drumskog teretnog prometa na životnu sredinu u urbanim i gusto naseljenim područjima su velike. Jedno teretno vozilo je kao 20 putničkih sa stanovišta emisije štetnih gasova, a 10 – 20 putničkih vozila sa stanovišta emisije buke. Smanjenje teretnog drumskog transporta za 4% ima isti efekat na smanjenje buke u gradu kao i smanjenje saobraćaja putničkih automobila za 50%. City logistika ima zadatak da obezbjedi efikasnije odvijanje sveukupnog prometa u gradu smanjenjem broja teretnih vozila što dovodi do: smanjenja zagušenja ulične mreže, vremena putovanja i energetske potrošnje, veće bezbjednosti i kvaliteta života.

Inteligentni transportni sistemi posjeduju potencijal da odigraju značajnu ulogu u poboljšanju gradske logistike kroz uvođenje različitih sistema koji su danas lako dostupni i relativno jeftini. Grad Sarajevo pa i Bosna i Hercegovina nema definisan plan razvoja i unaprjeđenja city logistike. Samo djelotvorna, učinkovita i sigurna city logistika će objezbjediti velike koristi i učinke kako sa aspekta ekonomije, tako i sa aspekta ekologije. Bosna i

Hercegovina prije sve mora aktivnije raditi na planiranju, implementaciji, kontroli i održavanju gradske logistike te na taj način smanjiti negativne efekte koje proizvodi city logistika.

## LITERATURA

- [1]Bošnjak, I., 2006. Inteligentni transportni sustavi-ITS 1. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [2]Rožić, N. et al. 1999. Inteligentni transportni sustavi, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, SoftCOM biblioteka, Split
- [3]Kos, G., 2010. Inteligentni transportni sustavi u gradskom prometu. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [4]Zečević, S., Kilibarda, M., Tadić, S. 2004: Korporativni modeli City logistike. Saobraćajni fakultet, Beograd, Srbija.
- [5]Zečević, S., Tadić, S., 2006 :“City Logistika“ Beograd,
- [6]Čaušević, S. and Bošnjak, I., 2008. Sustavsko inženjerstvo u transportu i komunikacijama, Sarajevo
- [7]Krstić M., Tadić, S., Zečević S., 2011:“Modeli lociranja terminala city logistike“,
- [8]Deljanin, A., Kosovac, A. and Muharemović, E., 2017. USE OF ITS SYSTEM AS A TRACK & TRACE In express delivery in BOSNIA AND HERZEGOVINA. *Suvremeni Promet-Modern Traffic*, 37(1-2).

## SUMMARY

### INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN FUNCTION THE EFFICIENCY OF THE CITY LOGISTICS WITH SPECIAL REVIEW TO B&H

**Abstract:** *Well-planned and organized transport in urban areas has a very important role in the overall city economy. The basic mission of city logistics is to reduce the total number of transport vehicles in urban areas and mitigate their negative impacts on traffic and the environment. The increase in city logistics in urban areas results from new production and distribution strategies based on low inventory levels and precise end-to-end deliveries, as well as the ever-increasing trend of electronic commerce and delivery to home addresses. Research shows that two-thirds of total commodity flows have a source or destination within central city zones. City logistics is characterized by a large number of participants with different goals and complex interactions. Accelerated development, introduction and use of intelligent transport systems in all areas of transport involved the city logistics. By implementing different intelligent transport systems in city logistics, positive effects are achieved such as: Reduction of company costs by 5-20%, reduction of mileage in urban areas up to 60%, delivery rate increases by about 15% etc. The paper gives an overview of various intelligent systems implemented in city logistics and their benefits from introduction. City logistics in Bosnia and Herzegovina is at the beginning of the introduction of intelligent transport systems for optimization and improvement.*

*Through the work is presented the presentation of city logistics in Bosnia and Herzegovina as well as examples of introduction of intelligent transport systems.*

**Key words:** *Logistics, intelligent transportation systems, city logistics, vehicles*

**CIP – КАТАЛОГИЗАЦИЈА У ПУБЛИКАЦИЈИ**  
**Народна библиотека Србије, Београд**

656.1(082)  
625.7(082)

**КОНФЕРЕНЦИЈА о техникама саобраћајног инжењерства (12 ; 2018 ; Врњачка Бања)**

Konferencija sa međunarodnim učešćem TESI : zbornik radova / XII konferencija o Tehnikama Saobraćajnog Inženjerstva, Vrnjačka Banja, 18 - 19. oktobar 2018. ; organizator Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Modul za saobraćajno inženjerstvo ; [editor Nikola Čelar]. - Beograd : Univerzitet, Saobraćajni fakultet, 2018 (Zemun : Pekograf). - 406 str. : ilustr. ; 24 cm

Tekst štampan dvostubačno. - Tiraž 200. - Napomene uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7395-392-2

1. Саобраћајни факултет (Београд). Модул за саобраћајно инжењерство

а) Друмски саобраћај - Зборници б) Путеви - Зборници  
COBISS.SR-ID 268519692



