

# ПОУЗДАН ПАРТНЕР

Предузеће ВИА ИНЖЕЊЕРИНГ Д.О.О. Нови Сад, основано је у јануару 2004. године.  
Основна делатност предузећа јесте пројектовање саобраћајница и пратеће инфраструктуре.



## Основне услуге које ВИА ИНЖЕЊЕРИНГ Д.О.О. Нови Сад пружа:

- пројектовање свих типова саобраћајница са пратећим студијама и елаборатима;
- израда пројеката коловозне конструкције;
- израда техничке документације инжењерских објеката и мостова;
- израда техничке документације атмосферске канализације;
- израда техничке документације фекалне канализације;
- израда техничке документације инсталација водовода;
- израда саобраћајних студија и студија изводљивости;
- израда студија оправданости изградње објеката саобраћајне инфраструктуре;
- израда пројеката саобраћајне сигнализације и опреме пута;
- израда пројеката саобраћајне сигнализације и опреме за време извођења радова;
- управљање пројектима;
- услуге надзора на пројектовању и извођењу радова;
- инжењеринг, организација и посредовање у изградњи комплетних путних, инфраструктурних и других објеката.

### ВИА ИНЖЕЊЕРИНГ Д.О.О.

Цара Уроша 3. 21000 Нови Сад  
Тел: +381 21 6546 375  
Факс: +381 21 6546 295  
office@viainzenjering.com  
www.viainzenjering.com



Learn more:  
[www.geobrugg.com/slopes](http://www.geobrugg.com/slopes)



Safety is our nature



TECCO® SYSTEM<sup>3</sup> made of high-tensile steel wire

FOR SUSTAINABLE  
SLOPE PROTECTION

# RASCO prednji perač

– temeljno pranje javnih komunalnih površina –

RASCO, fabrika komunalne opreme, nudi u svom proizvodnom programu opremu za zimsko i letnje održavanje saobraćajne infrastrukture. U proizvodnom segmentu opreme za letnje održavanje nalaze se profesionalne kranse kosilice za traktore i univerzalna vozila tipa Unimog, rotosekači, četke za put, malo univerzalno vozilo MUVO, a odnedavno i prednji perač. Glavne zajedničke karakteristike svih RASCO letnjih uređaja su pored velikog radnog učinka, jednostavnost, dugotrajnost i sigurnost, uz istovremenu modularnost primene, čime se povećava stepen njihovog iskorišćenja i daje veća vrednost korisniku.

Za potpunu radnog učinka, pranja i čišćenja saobraćajnih površina RASCO nudi, u sklopu letnjeg proizvodnog programa, prednji perač PL. Namenjen je pranju javnih komunalnih površina korišćenjem vode pod visokim pritiskom. Perač PL sastoji se od prednje rampe sa mlaznicama, opcionalno upravljivih bočnih mlaznica kao i vertikalne rampe s mlaznicama. Za temeljno čišćenje teže dostupnih površina moguće ga je opremiti i dodatnim crevom sa ručnim peračem pod visokim radnim pritiskom.

Radni učinak pranja postignut je smeštanjem mlaznica na prednjoj rampi i to tako da se omogućava preklapanje mlazova susednih mlaznica. Upravljive bočne mlaznice omogućavaju pranje teže dostupnih površina, poput prostora ispod parkiranih vozila, dok bočna vertikalna rampa omogućava pranje odbojnih ograda smeštenih uz ivice saobraćajnica.

Ručni perač pod visokim pritiskom i crevo dužine od 25 metara osiguravaju jednostavan pristup i najnepristupačnijim delovima površina koje se čiste.

Perač je moguće montirati na prednju kamionsku ploču. Svim operacijama upravlja se iz kabine vozila pomoću upravljačke jedinice.

Visokopritisna pumpa smeštena na peraču omogućava njegovo korišćenje sa bilo kojim rezervoarom vode, uključujući i LIQUID i SOLID C posipače. Na taj način vozilo zimске službe postaje univerzalno komunalno vozilo koje je moguće upotrebljavati tokom cele godine.





## RASCO prednji perač – za temeljno pranje javnih površina

Prednji visokopritisni perač, PL, deo je bogatog RASCO proizvodnog asortimana za celogodišnje održavanje saobraćajnica. Opremljen visokopritisnom pumpom i opcionalno upravljivim bočnim mlaznicama, rampom za pranje odbojnih ograda i ručnim visokopritisnim peračem, PL je efikasno, dugotrajno, jednostavno i sigurno rešenje za temeljno pranje javnih površina.

A Eugena Savojskog 6, 24400 Senta, Srbija T +381 (24) 415 54 70  
F +381 (24) 811 881 M info@rasco-tamp.rs W www.rasco.rs



# KOMPOZITNA ARMATURA

## ZA ARMIRANJE, OJAČAVANJE I SANACIJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Najširu primenu kompozitna armatura nalazi u izgradnji infrastrukture, niskogradnje, podzemnih i podvodnih konstrukcija, objekata u agresivnim sredinama, konstrukcije u kojima je nophodan neometan rad magnetnih i elektromagnetnih talasa, ojačavanje novih i postojećih konstrukcija, sanacije i rekonstrukcije.



Armatura ispitana i sertifikovana od strane Instituta za Materijale i Konstrukcije, Građevinskog fakulteta u Beogradu.



Izašlo je najnovije izdanje knjige "OSNOVNI ASPEKTI PRAKTIČNE PRIMENE KOMPOZITNE GFRP ARMATURE".

**Autor Prof. dr. Mihailo Muravljov, dipl. inž. građ.**

### PREDNOSTI



NE  
KORODIRA



VISOKA  
ZATEZNA  
ČVRSTOĆA



LAKŠA  
ZA RAD



TRANSPARENTNA  
NA TALASE



DIELEKTRIK



NE PROVODI  
TOPLITU



## KOMPOZIT ARMATURA



- MOSTOGRADNJA
- PUTOGRADNJA
- TUNELOGRADNJA
- GEOTEHNIKA
- HIDROTEHNIKA
- AERODROMSKE PISTE
- ŽELEZNIČKE PRUGE
- TRAMVAJSKE PRUGE

ŠIPKE | MREŽA | VLAKNA | ANKERI



Prilagođeno BAB`87 i EUROKOD 2

CONSULTANCY WITHIN ENGINEERING, ENVIRONMENTAL SCIENCE AND ECONOMICS

# YOUR ADVISOR FOR SUSTAINABLE FUTURE

ADDRESS CeS COWI d.o.o.  
Južni bulevar 1a,  
11000 Belgrade  
Serbia

PHONE +381 11 38 35 040

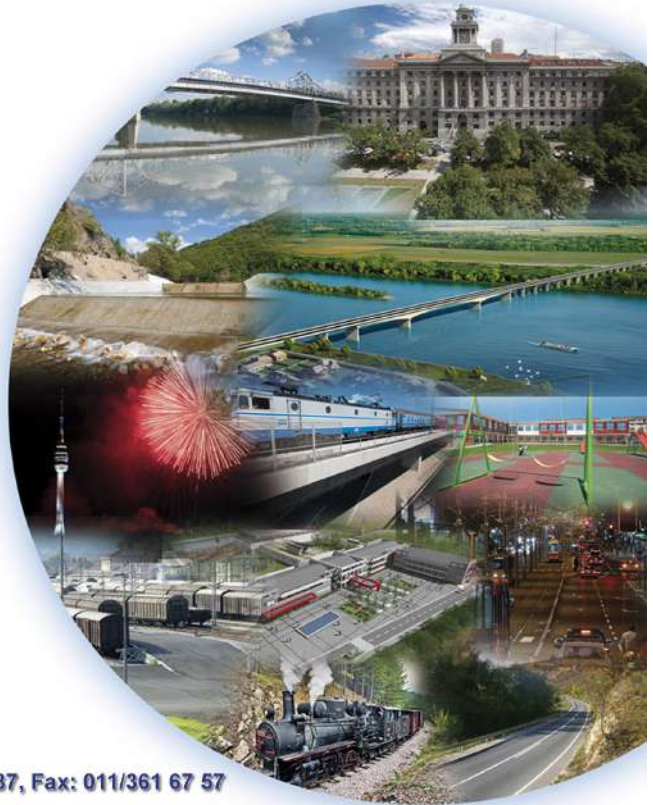
FAX +381 11 38 35 037

E-MAIL [office@cescowi.rs](mailto:office@cescowi.rs)

WWW [cescowi.rs](http://cescowi.rs)

CeS.COWI

# ПРОЈЕКТУЈЕМО ЗА БУДУЋНОСТ



Немањина 6/IV, 11000 Београд, Република Србија, Тел: 011/361 69 29, 361 82 87, Факс: 011/361 67 57  
website: [www.sicip.co.rs](http://www.sicip.co.rs), E-mail: [office@sicip.co.rs](mailto:office@sicip.co.rs)

## The Highway Institute

Institut za puteve a.d. Beograd

257, Kumodraska St. 11000 Belgrade, Serbia; Phone: +381 11 3976 374; e-mail: [instput@highway.rs](mailto:instput@highway.rs)

*Velike ideje se ostvaruju  
kroz izuzetne projekte.  
Mi znamo kako da ih ostvarimo.*

**www.highway.rs**

*Great ideas come true  
in outstanding projects.  
We know how to make them true.*

BELGRADE



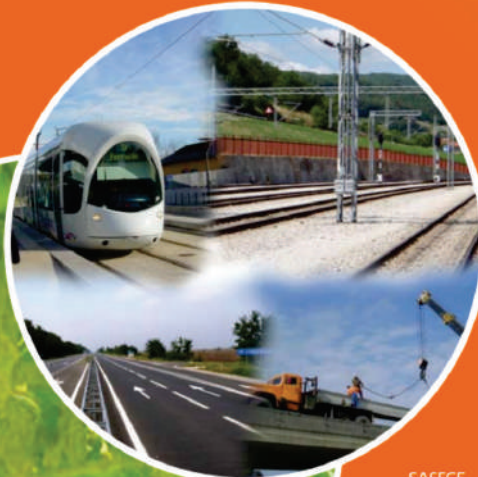
More than 60 years of experience  
Više od 60 godina iskustva



**SAFEGE**  
Consulting Engineers

### SAFEGE DOO

Beogradska Str. 27/5, 5<sup>th</sup> floor  
11000 Belgrade, Serbia  
Phone: +381 11 32 34 730  
Fax: +381 11 32 34 631  
[www.safege.rs](http://www.safege.rs)



SAFEGE  
DELIVERING SUSTAINABLE  
ENGINEERING SOLUTIONS

### Уређивачки одбор:

др Драженко Главвић, дипл. инж.саоб.  
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду

Aleksandar Stevanovic, Ph.D. T.E.  
Florida Atlantic, University, USA

др Горан Младеновић, дипл. грађ.инж.  
Грађевински факултет, Универзитет у Београду

др Игор Јокановић, дипл. грађ.инж.  
Грађевински факултет Суботица, Универзитет у Новом Саду

др Дејан Гавран, дипл. грађ.инж.  
Грађевински факултет, Универзитет у Београду

Miloš Mladenović, Ph.D. T.E.  
Aalto University, Finland

др Мирза Поздер, дипл. грађ.инж.  
Грађевински факултет, Универзитет у Сарајеву

др Марија Маленковска-Тодорва, дипл. инж.саоб.  
Технички факултет, Битола

др Радојка Дончева, дипл.град.инж.  
Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје

др Борис Антић, дипл. инж.саоб.  
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду

др Ненад Рушкић, дипл. инж.саоб.  
Факултет техничких наука, Нови Сад

др Небојша Кнежевић, дипл. инж.техн.  
Институт за грађевинарство "IG", Бања Лука

Душан Топић, дипл. грађ.инж.  
ЈП "Аутопутеви Републике Српске" Бања Лука

мр Новица Стевановић, дипл. грађ.инж.  
Саобраћајни Институт ЦИП, Београд

Душан Савковић, дипл. грађ.инж.  
Институт за путеве, а.д., Београд

мр Фата Терзић, дипл. грађ.инж.  
ЈП Дирекција цеста ФБиХ, Сарајево

Симеун Матовић, дипл. грађ.инж.  
Симм-инжињеринг, Подгорица

мр Слободан Станаревић, дипл. грађ.инж.  
Институт за грађевинарство "IG", Бања Лука

мр Саша Јаснић, дипл.инж.саоб.  
ЈП Путеви РС, Бања Лука

Марина Миленковић, дипл.инж.саоб.  
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду

### Главни и одговорни уредник:

др Драженко Главвић, дипл.инж.саоб.

### Технички уредник:

Бранислав Бањац, дипл. инж.саоб.

### Лектура и коректура:

мр Јелена Добриловић Драговић, проф.

**Издавач:** Српско друштво за путеве VIA-VITA

### Адреса редакције:

Српско друштво за путеве, 11221 Београд, Кумодрашка 257  
Тел./факс: 011/2493-134, Текући рачун: 355-1002423-53  
e-mail: [putisaobracaj@via-vita.org.rs](mailto:putisaobracaj@via-vita.org.rs) [putisaobracaj@gmail.com](mailto:putisaobracaj@gmail.com)

**Годишња претплата:** Правна лица 4 примерка часописа 25.000дин. За иностранство 50 ЕУР/1 примерак. Претплату за часопис уплатити на рачун СДП 355-1002423-53

**Резимеи** и текстови који се објављују у часопису могу се претраживати на сајту часописа: [www.putisaobracaj.rs](http://www.putisaobracaj.rs)

**Насловна страна:** са интернета

Тираж: 1000 примерака,  
Штампа: „АТЦ доо“ - Београд

# Пут и саобраћај

## Journal of Road and Traffic Engineering

НАУЧНО СТРУЧНИ ЧАСОПИС СРПСКОГ ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ VIA-VITA

Број 2 • Април - Јун 2016 • Година LXII

### VIA – VITA!

#### ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 1

Српско друштво за путеве | VIA-VITA | је изузетно успешно организовало "ДРУГИ СРПСКИ КОНГРЕС О ПУТЕВИМА" у Београду, 9-10. јуна 2016, у хотелу Crowne plaza. Више информација на <http://www.kongresoputevima.rs>

#### ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 2

Научно стручни часопис Пут и саобраћај ускоро отвара нови сајт за презентацију часописа, он-лајн предају и рецензију радова. Детаљније ускоро на сајту часописа [www.putisaobracaj.rs](http://www.putisaobracaj.rs)

#### ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 3

Српско друштво за путеве | VIA-VITA | је пустило у рад редизајнерски сајт, новине можете погледати на сајту друштва [www.via-vita.org.rs](http://www.via-vita.org.rs) или на [www.viavita.rs](http://www.viavita.rs)

#### ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 4

На професионалној мрежи LinkedIn основана је група Пут и саобраћај, док је на Twitterу отворени налог "Put\_i\_saobracaj". Корисници наведених мрежа сад могу on-line да прате активности часописа преко наведених сервиса.

#### ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 5

У могућности смо да Вам понудимо **рекламирање у часопису Пут и саобраћај у издању Српског друштва за путеве [VIA-VITA]**. Ако сте заинтересовани за рекламирање, све информације можете добити e-mailom [putisaobracaj@gmail.com](mailto:putisaobracaj@gmail.com)

#### ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 6

Стални корисници, претплатници и финансијери часописа „Пут и саобраћај“ су: Министарство саобраћаја; Министарство за грађевину и урбанизам, ЈП „Путеви Србије“; ЈП „Коридори Србије“; Инжењерска комора Србије; ЈП „Аутопутеви Републике Српске“; Министарство саобраћаја и веза Републике Српске; ЈП „Путеви Републике Српске“; Дирекција за саобраћај Црне Горе; Министарство саобраћаја и поморства Црне Горе; Инжењерска комора Црне Горе; ЈП. Дирекција за грађевинско земљиште и изградњу Београда; Градски секретаријат за саобраћај Београд, Урбанистички завод Београда, ЈП Дирекција цеста ФБиХ, Институт Михајло Пупин., CeS COWI, SAFEGE d.o.o., Eptisa, Mott MacDonald, WYG, WBIF, CEP d.o.o., Београдпут, Саобраћајни институт СР Београд; Академија ИАС; Привредна комора Србије; „Србија пут“ а.д.; ПЗП „Београд“ а.д.; Енергопројект, ПЗП „Крагујевац“ а.д.; А.Д. „Војводинапут“ Панчево, „Војводинапут - Бачкапут“ А.Д. Нови Сад; „Војводинапут“ А.Д. Зрењанин; ПЗП „Ниш“ а.д.; А.Д. за путеве „Крушевацпут“; ЈКП „Београд пут“; „Мостоградња“ а.д. Београд; А.Д. „Нови Пазар-Пут“; ПЗП „Пожаревац“ а.д.; „Путеви“ А.Д. Чачак; „Путеви-Ивањица“ д.о.о.; А.Д. „Путеви“ Пожега; А.Д. „Путеви“ - Ужице; А.Д. „Сремпут“ – Рума; „Србијааутопут“ а.д.; „Унијапромет“ д.о.о. Чачак, ПЗП „Врање“; ПЗП „Ваљево“ а.д.; „Војпут“ Суботица; „Геопут“, Београд; „Viaprojekt“ Београд; „Урбиспројект“, Нови Сад; „Шидпројект“ Шид; „Енергопројект“ Београд; Институт „Михаило Пупин“ Београд; Г.П. „Планум“ Београд; „Институт за путеве“ а.д., Београд; Институт ИМС Београд; Грађевински факултет Београд; Саобраћајни факултет Београд; Рударско-геолошки факултет Београд; Грађевински факултет, Универзитет у Сарајеву, Грађевински факултет Ниш; Факултет техничких наука Нови Сад; „Ратко Митровић - Нискоградња“ Београд; „Партизански Пут“ Београд; „Боја“, Суботица, Стандард логистик Београд, Транспетрол Београд, Висока грађевинска геодетска школа Београд, ЈП Завод за урбанизам Нови Сад, Геомеханика Београд, Геонет инжињеринг Београд, АМСС – центар за моторна возила, БХЛ пројект Београд, Дирекција за путеве Шабац, Завод за урбанизам Војводине, ЈП Путеви Краљево, ЈП Дирекција за изградњу града Сремска Митровица, ЈП Дирекција за изградњу Суботице, Јарослав Черни институт за водопривреду, ЈП за грађевинско земљиште Рума, Централна путна лабораторија, ЈП Дирекција за изградњу града Кикинда, ЈП Дирекција за изградњу и уређење Панчево, Intergradnja COOP, WIRTGEN SRBIJA doo, ЈП Варош Вршац, PORR BAU GmbH, China road and bridge corporation-CRBC, SOKO BOM Београд, ЈП Дирекција за изградњу општине Параћин, Градитељ Н. Сад, ЈП Дирекција за изградњу и планирање Младеновац, ЈП Дирекција за изградњу Ужице, Путинвест, Војводинапројект Н. Сад, Asmes consultants, Завод за урбанизам Војводине, Централна путна лабораторија, PERI oplata doo LA FARGE, БХЛ пројект, RIKO doo, Geoburg, Хармонијпројект, „Kompozit Armatura“ d.o.o. ...итд.

## Број 2

Април - Јун 2016 • Година LXII

## САДРЖАЈ

др Мирза Поздер, дипл.инж.грађ.  
Аммар Шарић, дипл.инж.грађ.  
др Суада Џебо, дипл.инж.грађ.

**Апроксимација поља напона флексибилних  
коловозних конструкција методом коначних елемената** 5

Ана Трpkовић, дипл.инж.саоб.  
др Бранимир Станић, дипл.инж.саоб.  
др Драженко Главић, дипл.инж.саоб.  
Марина Миленковић, дипл.инж.саоб.

**„Читљиви“ путеви** 11

Филип Ишљамовић, мастер.инж.грађ.  
др Дејан Гавран, дипл.инж.грађ.

**Идејно решење друге полетно-слетне стазе  
Београдског аеродрома „Никола Тесла“ са пратећим  
маневарским површинама** 19

др Марко Суботић, дипл.инж.саоб.  
Бојан Петровић, дипл.инж.саоб.  
Ајла Јаковац, дипл.инж.саоб.

**Истраживање трајности паркирања и  
реперезентативних возила у Добоју** 25

др Бојан Марић, дипл.инж.саоб.  
др Крсто Липовац, дипл.инж.саоб.  
др Милан Вујанић, дипл.инж.саоб.  
др Миладин Нешић, дипл.инж.саоб.

**Утицај бројачког дисплеја на понашање пешака на  
двосмерним путевима у урбаним срединама са  
аспекта безбедности саобраћаја** 31

др Бојан Бакмаз, дипл.инж.саоб.

**Хетерогене бежичне мреже у интелигентним  
транспортним системима** 39

др Наташа Бојковић, дипл.инж.саоб.  
Тања Парезановић, мастер.инж.саоб.  
др Маријана Петровић, дипл.инж.саоб.

**Компаративна анализа друског транспорта са  
аспекта одрживог развоја - пример ЕУ земаља** 45

Милош Павловић, мастер.инж.саоб.

**Процена нивоа услуге пешачких прелаза** 51

Mirza Pozder, Ph.D.CE  
Ammar Šarić, M.Sc.CE  
Suada Džebo, Ph.D.CE

**Finite element method approximation for stress field  
in flexible pavements** 5

Ana trpković, M.Sc. TE  
Branimir Stanić, Ph.D.TE  
Draženko Glavić, Ph.D.TE  
Marina Milenković, M.Sc. TE

**"Legible" roads** 11

Filip Išljamović, M.Sc.CE  
Dejan Gavran, Ph.D.CE

**Preliminary solution of the second runway of  
Belgrade Airport "Nikola Tesla" with accompanying  
maneuvering areas** 19

Marko Subotić, Ph.D. T.E.  
Bojan Petrović, M.Sc. T.E.  
Ajla Jakovac, M.Sc. T.E.

**Durability research of parking and the  
representative vehicles in Doboј** 25

Bojan Marić, Ph.D.TE  
Krstо Lipovac, Ph.D.TE  
Milan Vujanić, Ph.D.TE  
Miladin Nešić, Ph.D.TE

**Influence of countdown display on pedestrian  
behaviour on the two-way roads in urban areas from  
the aspect of road safety** 31

Bojan Bakmaz, Ph.D. T.E.

**Heterogeneous wireless networks for intelligent  
transportation systems** 39

Nataša Bojković, Ph.D.TE  
Tanja Parezanović, M.Sc. T.E.  
Marijana Petrović, Ph.D.TE

**Comparative analysis of road transport in view of  
sustainable development - the example of EU  
countries** 45

Miloš Pavlović, M.Sc. TE

**Estimating level of service at pedestrian's crossings** 51

Календар скупова, историја путарства, занимљивости 57

Новинске вести из путоградње 59

Други српски конгрес о путевима 60

# ПУТ И САОБРАЋАЈ

Journal of Road and Traffic Engineering

научно-стручни часопис за путно инжењерство

Часопис *Пут и саобраћај* је научно-стручни часопис из области путног инжењерства. Сврха, циљ и тематско одређење су усмерени на теоријска и примењена истраживања у областима као што су:

1. Саобраћај и економија
2. Пројектовање путева и градских саобраћајница, аеродромских писта и путне инфраструктуре
3. Одржавање путева и градских саобраћајница
4. Пројектовање мостова, тунела и грађевинских конструкција
5. Екологија и просторно планирање
6. Безбедност саобраћаја
7. Путна информатика и управљање путевима
8. Геотехника
9. Коловозне конструкције
10. Грађевински материјали
11. Научне информације
12. Путарске вести
13. Нове публикације

Чланци се разврставају у рубрике односно наведене области. Часопис *Пут и саобраћај* објављује и информације које не подлежу рецензији, а сврставају се у следеће рубрике: прикази, научни, стручни скупови и изложбе, стручна мишљења, полемика, научна сарадња, издавачке информације и сл.

Примљени чланци подлежу **анонимној рецензији** у складу с препорукама за међународне научне часописе. При томе се сваки рад сврстава у једну од следећих категорија:

Научни чланци:

- **оригиналан научни рад**, (Original scientific paper); Оригинални научни рад у коме се износе претходно необјављивани резултати сопствених истраживања научним методом.
- **прегледни рад**, (Review paper); Прегледни рад је научни рад који садржи оригиналан, детаљан и критички приказ истраживачког проблема или подручја у коме је аутор остварио одређени допринос, видљив на основу аутоцитата.
- **претходно саопштење**, (Preliminary communication); Претходно саопштење је оригинални научни рад пуног формата, али мањег обима или прелиминарног карактера);
- **научна критика, полемика** (scientific criticism); расправа на одређену научну тему заснована искључиво на научној аргументацији) и осврти

Стручни чланци:

- **стручни рад** (Professional paper); прилог у коме се нуде искуства корисна за унапређење професионалне праксе, али која нису нужно заснована на научном методу;
- **информативни прилог** (уводник, коментар и сл.);
- **приказ** (књиге, рачунарског програма, случаја, научног догађаја, и сл.).

## ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И УПУТСТВО АУТОРИМА

Упутство уређује начин обликовања и достављања научних и стручних чланака редакцији *Пут и саобраћај*. Прилози би требало да буду написани ћирилицом (изузимајући неопходне термине и скраћенице, као и текстове аутора чији матерњи језик није српски) или латиницом, опремљени фуснотама, литературом, насловом, кључним речима и сажетком. Уз прилог се доставља превод наслова, сажетка и кључних речи на енглеском језику. Ако аутор сматра да је потребно, може да достави наслов, сажетак и кључне речи на још једном изабраном језику.

### Припрема рукописа

**Наслов рада** мора са што мање речи тачно, јасно и сажето описати садржај чланка. Мора бити разумљив.

**Подаци о ауторима:** име и презиме, стручна спрема (нпр. дипл. инг. грађевинарства), звање (нпр. доктор техниких наука), е-маил адреса, назив институције или компаније у којој је запослен и адреса институције или твртке.

**Сажетак** је језгровит приказ рада који укратко говори о значају теме, сврси и циљу истраживања, новој спознаји, методологији, постигнутим резултатима и закључцима. У интересу је аутора да сажетак садржи термине који се често користе за индексирање и претрагу чланака. Сажетак садржи до 150 речи и нема формула ни библиографије. Чланак мора имати сажетке на српском и на енглеском језику.

**Кључне речи:** Кључне речи су термини или фразе који најбоље описују садржај чланака за потребе индексирања и претраживања. Број кључних речи не може бити већи од 8.

Ради концизности, рад треба поделити на **нумерисана поглавља** с уводом на почетку и закључком на крају текста.

**Увод** мора садржавати информације о замисли (промишљању), поступцима и постигнутим резултатима предмета истраживања. Циљ и сврха истраживања морају бити јасно описани с оценом досадашњег истраживања.

**Постављена хипотеза** која се доказује радом односно истраживањем аутора мора бити логично разрађена уз конзистентну прогресију.

**Резултати истраживања** и прикази метода односе се само на главне и репрезентативне који садрже ауторове закључке о предмету истраживања.

**Дискусија** треба говорити о значењу резултата истраживања. Објашњавајући резултате истраживања. Сврха дискусије је приказати односе између опажених резултата и чињеница.

**Закључак** треба садржавати јасно изречене тврдње аутора и битна отворена питања као и препоруке за даља истраживања.

**Опсег рада** (заједно са сликама и цртежима) треба ограничити максимално на 12 страница. Странице морају бити нумерисане. Препорука је 4 до 8 страница.

**Подешавање странице** величина папира је А4, маргине: горња и доња 2,5 цм; лева и десна 2 цм; Прилоге форматирају у 2 стубца (колоне) са размаком 0,5 цм.

**Текст** треба бити граматички исправан, без типографских грешака, писан у два ступца програмом Word Office. Треба користити слова Ариал величине 10 за текст, 10 за наслове поглавља и 11 за наслов чланка. Скраћенице треба објаснити чим се појаве у тексту.

**Формуле и једначине**, треба писати у једном реду с одговарајућом нумерацијом на десној страни у округлој загради: (1). Обавезна је примена SI система мерних јединица.

**Слике** морају имати наслов и бити означене бројем, а испод слике мора бити наведен извор. Резолуција слике се препоручује на мин 300dpi.

**Табеле** морају имати наслов и бити означене бројем. Испод Табеле аутор мора навести извор података.

**Напомене (фусноте):** Напомене се дају при дну стране у којој се налазе коментарисани део текста. Могу садржати мање важне детаље, допунска објашњења, назнаке о коришћеним изворима, али не могу бити замена за цитирану литературу.

**Претходне верзије рада:** Ако је чланак у претходној верзији био изложен на скупу у виду усменог саопштења (под истим или сличним насловом), податак о томе би требало да буде наведен у посебној напомени, по правилу при дну прве стране чланка. Рад који је већ објављен у неком часопису не може бити прештампан у *Пут и саобраћају*.

**Листа референци (литература):** Цитирана литература обухвата библиографске изворе (чланке, монографије и сл.) и даје се засебно, на крају чланку, у виду листе референци. Литература треба бити сврстана како се појављује у тексту рада: Број нумерације литературе у тексту ставља се у заграду: [1]

**Стил цитирања у часопису** је АПА стил библиографског цитирања – АПА стил (American Psychological Associations style – Reference List). Упутство за коришћење овог стила може се наћи на сајту часописа [www.putisaobracaj.rs](http://www.putisaobracaj.rs). Чланови Уређивачког одбора и редакције часописа, нису у обавези да сређују литературу, већ су аутори у обавези да се придржавају упутства. Текстовете и друге прилоге доставити у дигиталној форми на email [putisaobracaj@gmail.com](mailto:putisaobracaj@gmail.com), а ускоро и on line на [www.putisaobracaj.rs](http://www.putisaobracaj.rs).

За ауторска права достављених прилога одговарају аутори. Сматра се да су аутори своја ауторска права на текстове и друге прилоге, од тренутка када су их послали редакцији, пренели на издаваче. Издавач ће прихваћене прилоге објавити и у електронској форми, а има право да користи и сажетке радова или изводе из достављених радова. Редакција ће аутора обавестити о томе да ли је прихватила текст у року који не може бити дужи од шест месеци од датума пријема прилога. Аутор чији је рад прихваћен не може да објави овај рад у некој другој електронској или штампаној публикацији (чак ни у изводима или прерађен), без сагласности одговорног уредништва *Пут и саобраћаја*. У начелу, он такве прилоге може да објави тек три месеца од датума публиковања у *Пут и саобраћају*, уз обавезу да наведе одакле је рад прештампан. Послати радови се не враћају, а Редакција задржава дискреционо право да их процени и не објави, уколико утврди да не одговарају садржинским и формалним критеријумима прописаним у овом тексту. Обавеза Редакције да врши рецензију, стручну евалуацију, као и спорадичне језичке, стилске и формалне интервенције у текстовима.

## АПА СТИЛ БИБЛИОГРАФСКОГ ЦИТИРАЊА

(APA стил - American Psychological Associations style – Reference List).

### Монографска публикација:

Презиме, иницијал имена аутора (година издавања). Наслов књиге. Место издавања : Издавач.

#### Пример:

*Мураељов, М. (2005). Грађевински материјали. Београд : Грађевинска књига.*

### Приређено издање:

Презиме, иницијал имена аутора. (година издавања). Наслов дела. (име и презиме преводиоца, прев.). Место издавања : Издавач.

#### Пример:

*De Sosir, F. (1977). Opšta lingvistika. (Sreten Marić, prev.). Beograd : Nolit.*

### Вишетомно дело:

Презиме, иницијал имена аутора. (година издавања). Наслов дела. Наслов књиге. (број тома). Место издавања : Издавач.

#### Пример:

*Штајнбек, Џ. (2004). Плодови гнева. У едицији Нобеловци (Књ. 23-24). Нови Сад : Дневник.*

### Нештампани рукопис:

Презиме, иницијал имена аутора. (година). Наслов дела. Необјављени рукопис

#### Пример:

*Бдеви, М. (2001). Народне библиотеке у Либији. Необјављени рукопис.*

### Прилог у периодичној публикацији:

Презиме, иницијал имена аутора (на исти начин поновити уколико је више аутора). (година или пуни датум). Наслов текста. Наслов часописа, свеска, стране.

#### Пример:

*Младеновић, Г., Станковић, С. (2008). COST 354 – Европска хармонизација индикатора стања коловозних конструкција на путевима. Пут и саобраћај. 4, 24-33.*

### Прилог доступан преко интернета:

Презиме, иницијал имена аутора (година). Наслов текста. Наслов перидичне публикације, свеска, стране. (on-line). Доступно преко: интернет адреса (датум преузимања).

#### Пример:

*Ryan, T. (2004). Turning patrons into Partners When Choosing Integrated Library System. Infotoday, 15, 4. (on-line) Доступно преко:  
<http://www.infotoday.com/cilmag/mar04/ryan.shtml>  
(27.03.2004)*

# APROKSIMACIJA POLJA NAPONA FLEKSIBILNIH KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA METODOM KONAČNIH ELEMENTATA

**Doc.dr.sc. Mirza Pozder, dipl.inž.građ.**  
Građevinski fakultet Sarajevo, pozder.mirza@hotmail.com

**Šarić Ammar, dipl.inž.građ.**  
Građevinski fakultet Sarajevo, ammar.saric@hotmail.com

**Doc.dr.sc. Suada Džebo, dipl.inž.građ.**  
Građevinski fakultet Sarajevo, suada.dzebo@gf.unsa.ba

**Doc.dr.sc. Sanjin Albinović, dipl.inž.građ.**  
Građevinski fakultet Sarajevo, sanjin.albinovic@gmail.com

**Burkić Irma, dipl.inž.građ.**  
irma.burkic@gmail.com

Stručni rad

**Rezime:** *Cilj istraživanja je aproksimacija polja napona kod fleksibilnih kolovoznih konstrukcija primjenom dostignuća metode konačnih elemenata. U tu svrhu korišten je najsavremeniji softverski paket u kojem je implementirana ova metoda, Ansys 15.0. Dobijeni rezultati iskorišteni su za dobijanje relevantnih modela predikcije napona.*

**Ključne riječi:** *naponi, metoda konačnih elemenata, kolovozna konstrukcija.*

## FINITE ELEMENT METHOD APPROXIMATION FOR STRESS FIELD IN FLEXIBLE PAVEMENTS

**Mirza Pozder, Ph.D. CE**  
Faculty of Civil Engineering Sarajevo, pozder.mirza@hotmail.com

**Šarić Ammar, M.Sc. CE**  
Faculty of Civil Engineering Sarajevo, ammar.saric@hotmail.com

**Suada Džebo, Ph.D. CE**  
Faculty of Civil Engineering Sarajevo, suada.dzebo@gf.unsa.ba

**Sanjin Albinović, Ph.D. CE**  
Faculty of Civil Engineering Sarajevo, sanjin.albinovic@gmail.com

**Burkić Irma, B.Sc. CE**  
irma.burkic@gmail.com

Professional paper

**Abstract:** *The goal of this research is an approximation of the stress field in flexible pavements by applying the achievements of the finite element method. For this purpose we used the most modern software package which has implemented this method, Ansys 15.0. The results were used to obtain the relevant model for stress prediction.*

**Keywords:** *stresses, finite element method, pavement.*

## 1. UVOD

Dimenzioniranje kolovoznih konstrukcija zasniva se na općem inženjerskom načelu dimenzioniranja konstrukcija, tj. na izračunavanju naprezanja (deformacija) u određenim kritičnim presjecima konstrukcije i njihovoj usporedbi s nekim dopuštenim veličinama. Pri tome je spomenuta analiza kod kolovoznih konstrukcija znatno složenija od većine inženjerskih konstrukcija, jer je riječ o višeslojnom sistemu sačinjenom od različitih materijala koji mijenjaju svojstva ovisno o vanjskim uslovima, a izloženim i promjenljivom (dinamičkom) opterećenju. Cilj rada je da se razviju statistički modeli za predikciju napona u fleksibilnim kolovoznim konstrukcijama, a na bazi podataka dobijenih metodom konačnih elemenata.

## 2. METODE ZA DIMENZIONIRANJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Metode za dimenzioniranje fleksibilnih kolovoznih konstrukcija mogu se svrstati u pet kategorija: empirijska metoda sa ili bez testa snage tla, metoda ograničenog smicanja, metoda ograničavanja otklona, metoda regresije bazirana na osnovu karakteristika kolovoznih konstrukcija ili testiranju puteva, i mehaničko-empirijska metoda.

Upotreba empirijske metode bez testa snage datira od razvoja javnih puteva (PR) tj. klasifikacije sistema tla (Hogentogler i Terzaghi, 1929), u kojoj je posteljica klasificirana kao homogena od A-1 do A-8 i nehomogena od B-1 do B-3. PR Sistem je kasnije izmijenjen od strane Highway Research Board (HRB, 1945), u kojem su tla grupisana od A-1 do A-7 i indeks grupa je upisan u razliku zemljišta unutar svake grupe. Steele (1945) diskutovao je o primjeni HRB klasifikacije i grupnog indeksa u procjenjivanju subbase i ukupne debljine kolovozne konstrukcije bez testa snage. Empirijska metoda s testom snage prvi put je korištena od strane Highway Odjela u Kaliforniji 1929. (Porter, 1950). Debljina kolovozne konstrukcije odnosila se na California Bearing Ratio (CBR), definiran kao otpor posteljice koji se određuje opitom sa kružnom pločom i izračunavanjem modula stišljivosti MS i modula reakcije tla k. CBR metodu dimenzioniranja zatim je intenzivno proučavao U.S. korpus inženjera za vrijeme Drugog svjetskog rata i postala je vrlo popularna metoda nakon rata. Nedostatak empirijskih metoda je da se mogu primijeniti samo ako su dati uslovi okoliša, materijala i opterećenja. Ako se mijenjaju ovi uslovi, dizajn više ne vrijedi, moraju biti razvijeni novi načini kroz greške da se prilagode na nove uslove.

Metode ograničavajućih smicanja se koriste za određivanje debljine kolovoznih konstrukcija, tako što se pretpostavlja da neće doći do smicanja podloge.

Glavne osobine kolovoznih komponenti i posteljice tla koje treba razmotriti su njihova kohezija i ugao trenja. Barber (1946) primjenjuje Terzaghijevu formulu nosivosti (Terzaghi, 1943) kako bi se utvrdile debljine kolovoza. McLeod (1953) zalagao se za korištenje logaritamskih spirala za određivanje nosivosti kolovoza. Ove metode su prerađene od strane Yoder-a (1959) u knjizi "Principi kolovozne konstrukcije", ali nisu ni spomenuti u drugom izdanju (Yoder i Witczak, 1975).[10] To ne čudi, jer, uz sve veću brzinu i obim saobraćaja, kolovoz treba biti dizajniran za udobnost vožnje, a ne samo za sprečavanje smicanja podloge. Metode ograničenih ugiba koriste se za određivanje debljine kolovoznih konstrukcija tako da vertikalni otklon ne premaši dozvoljene granice. Kansas State Highway komisija (1947) modificirala je Boussinesqov proračun (Boussinesq, 1885) i ograničila otklon posteljice na 0,1 inč (0,254 cm). Američka mornarica (1953) primjenjuje Burmister-ovu teoriju na dva sloja (Burmister, 1943) i ograničava ugib na 0,25 inča (0,635 mm). Upotreba ugiba kao kriterij dizajna ima veliku prednost jer se može lako mjeriti na terenu. Nažalost, oštećenja kolovoza uzrokovana su prekomjernim naprezanjima i deformacijom umjesto ugibom.

Regresione metode bazirane su na karakteristikama kolovoza ili Road Testovima. Dobar primjer upotrebe regresionih jednažbi za kolovozne konstrukcije je metoda AASHTO na osnovu rezultata testova puta. Nedostatak metode je da se projektovanje pomoću ovog načina može primijeniti samo za uslove na testiranim cestama. Za uslove osim onih pod kojima su razvijene jednačine, potrebne su opsežne modifikacije koje se zasnivaju na teoriji ili iskustvu. Regresijske jednačine mogu se razviti iz karakteristika postojećih kolovoza, kao što su one koje se koriste u proračunu kolovoznih sistema COPEs (Darter et al., 1985) i EXPEAR (Hall et al., 1989). Iako su kolovozi podvrgnuti testovima, materijali i izgradnja ovih kolovoza nije dobro kontrolirana, tako da se očekuje veliko rasipanje podataka i velika standardna greška. Iako ove jednačine mogu ilustrirati učinak različitih faktora na karakteristike kolovoza, njihova korisnost u dimenzioniranju kolovozne konstrukcije je ograničena zbog mnogih uključenih nepoznanica.

Mehaničko-empirijske metode za projektovanje se zasnivaju na mehaničkim karakteristikama materijala koji predstavljaju ulazni podatak, kao što je opterećenje točka, dok je izlazni podatak odgovor kolovoza, kao što je naprezanje. Vrijednosti odgovora se koriste za predviđanje napreznja iz laboratorijskih testiranja i terenskih podataka. Ovisnost o uočenim učincima je potrebna, jer sama teorija se nije pokazala dovoljnom da realno dimenzionira kolovozne konstrukcije.

Kerkhoven i Dormon (1953) prvi su predložili korištenje vertikalnog pritiska na površini tla kao kriterij da se smanje stalne deformacije. Saal i Pell (1960) preporučuju korištenje horizontalnih zatežućih napona na dnu asfaltnog sloja da bi se smanjio zamor i pucanje. Korištenje navedenih koncepata za kolovozne konstrukcije je prvi put predstavljeno u SAD-u od strane Dormon i Metcalf (1965). Upotreba vertikalnog napona pritiska za kontrolu trajne deformacije se temelji na činjenici da su plastična napreznja proporcionalna elastičnim napreznjima u asfaltiranju.

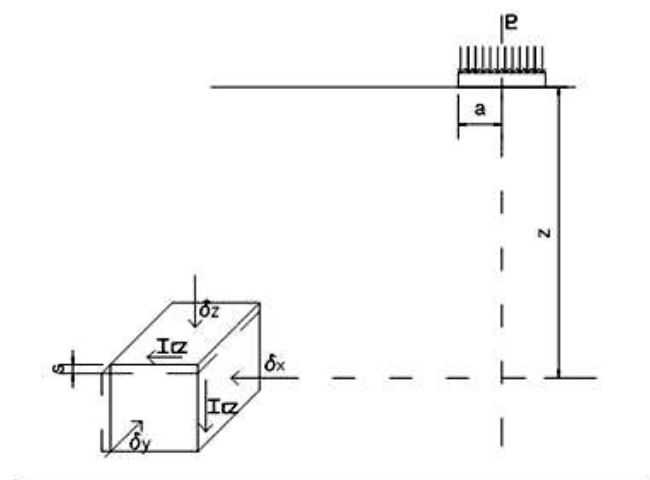
Dakle, ograničavanjem elastičnih deformacija posteljice, elastična napreznja u drugim komponentama iznad tla će također biti pod kontrolom. Stoga, magnitude permanentne deformacije na površini kolovoza će se dovesti u red. Ova dva kriterija su od tada usvojila Shell Petroleum International (Claussen et al., 1977), i Asphalt Institute (Shook et al., 1982) u svoje mehaničko-empirijske metode dimenzioniranja. Prednosti mehaničkih metoda su poboljšanje pouzdanosti, sposobnost predviđanja napreznja, te sposobnost ekstrapolacije iz ograničenih podataka na terenu i laboratoriju.

## 2. PREGLED METODA ZA ANALIZU NAPONA U KOLOVOZIM KONSTRUKCIJAMA

### 2.1. Boussinesq-ova metoda

Razmatra napreznja i deformacije u fleksibilnim kolovoznim konstrukcijama u elastičnoj, homogenoj i izotropnoj sredini.

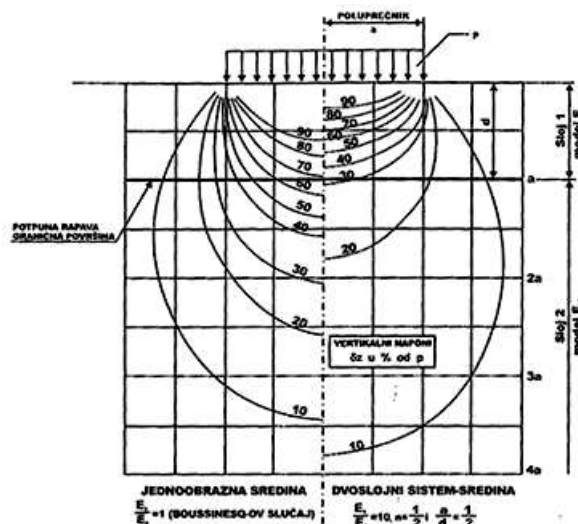
Saobraćajno opterećenje je jednako podijeljeno koje se prenosi preko kontaktne površine kružnog oblika.



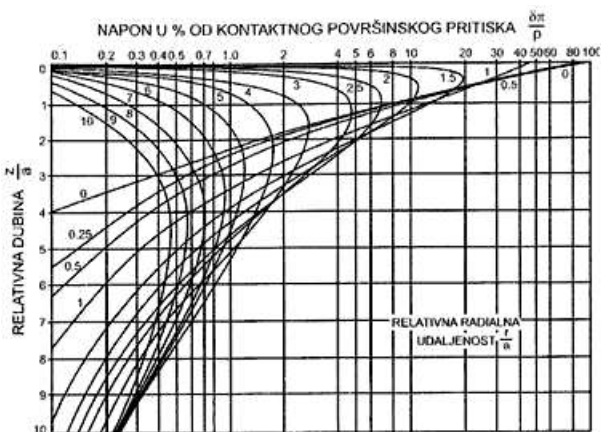
Slika 1. Šema napreznja po Boussinesq-u



Slika 2. Dijagram vertikalnih napreznja po Boussnesq-u



Slika 4. Dijagram vertikalnih napreznja po Burmisteru-u



Slika 3: Dijagram horizontalnih napreznja napreznja po Boussnesq-u

## 2.2. Burmisterova metoda

Ova metoda zasniva se na pretpostavci da se kolovozna konstrukcija sastoji od dva ili više slojeva sa različitim modulima elastičnosti koji opadaju po dubini slojeva.

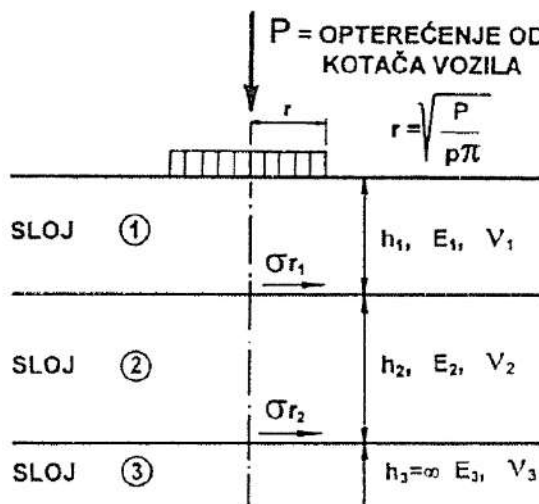
Dimenzioniranje fleksibilnih kolovoznih konstrukcija, kod dvoslojnog sistema, i ukupna debljina kolovozne konstrukcije dobije se za usvojenu graničnu deformaciju.

Burmister usvaja da zastor, gornji i donji nosivi sloj predstavljaju gornji sloj, a tlo-posteljica donji sloj. Debljina gornjeg sloja bira se tako da granične deformacije od opterećenja točkom budu u dopuštenim granicama.

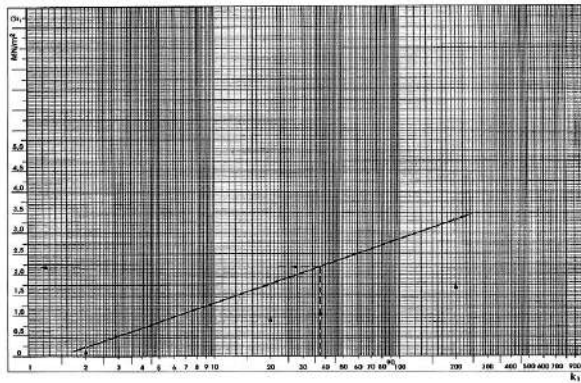
## 2.3. Miller-Odemarkova metoda

Miller je razvio metodu pomoću nomograma kojom se mogu odrediti naponi na zatezanje u zonama veznih slojeva troslojnog sistema.

Prvi korak proračuna je da se pretpostavi debljina kolovozne konstrukcije. Potrebni podaci za proračun su opterećenje od točkova i moduli elastičnosti pojedinih materijala.

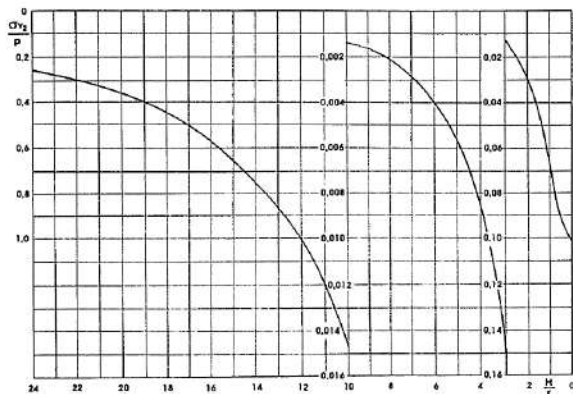


Slika 5. Horizontalna zatežuća napreznja u kolovoznoj konstrukciji



Slika 6. Sumarni dijagram za određivanje horizontalnog zatežućeg napona po Miller-u

Proračun vertikalnih napona na nivou posteljice proučavao je Odemark i prema toj metodi, troslojna kolovozna konstrukcija zamjenjuje se ekvivalentnom debljinom sa elastičnim homogenim izotropnim poluprostorom.



Slika 7. Dijagram za određivanje vertikalnog napona po Odemark-u

### 3. MODELIRANJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Određivanje polja napona svodi se na problem rubnih vrijednosti koji je moguće riješiti numeričkim metodama Galerkin-a, Ritz-a ili metodom konačnih elemenata. Kako bi se tačno riješili problemi ove vrste, potrebno je rješavati sisteme parcijalnih diferencijalnih jednačina, što je često gotovo nemoguće uraditi za bilo koji malo kompleksniji slučaj. Za takve probleme bolje je izvesti približna rješenja koristeći se navedenim metodama diskretizacije.

Historijski, korijeni metode konačnih elemenata nalaze se u približnim metodama Galerkin-a i Ritz-a. U bilo kojoj od ove dvije metode, približno rješenje za polje pomjeranja (i napona i deformacija) predstavlja linearnu kombinaciju konačnog broja odabranih postavnih funkcija koje se nazivaju funkcije oblika.

Kod Ritz-ove metode funkcija oblika uvodi se direktno u varijacionu formulaciju, dok se kod Galerkin-ove metode pomjeranje uvodi u slabu formu. Konačan proizvod ovakve diskretizacije uvijek je sistem linearnih jednačina kojima se dobija približno, ali dovoljno tačno rješenje. Sistem linearnih jednačina moguće je efikasno riješiti i za dosta kompleksne probleme, pri čemu se koriste neke od iterativnih ili direktnih metoda (najčešće Gauss-ova metoda eliminacije). [15]

Glavna prednost metode konačnih elemenata u odnosu na dvije navedene metode je dijeljenje složenog regiona na jednostavnije pod-regione gdje su funkcije oblika definisane, ne više na cijeloj domeni, nego samo na odabranim pod-regionima (ili konačnim elementima) [15]. U radu nisu detaljno razmatrani svi problemi metode konačnih elemenata, već je za potrebe istraživanja korišten softverski paket Ansys 15.0. modul Structural static koji je baziran na ovoj metodi.

Analizirana su dva tipa kolovozne konstrukcije:

- kolovozna konstrukcija TIP 1 koja se sastoji od asfaltnih slojeva i nevezanih nosivih slojeva,
- kolovozna konstrukcija TIP 2 koja se sastoji od asfaltnih nosivih slojeva, cementne stabilizacije i nevezanog nosivog sloja.

Ukupno je formirano 166 modela za kolovoznu konstrukciju TIP 1 i 203 modela za kolovoznu konstrukciju TIP 2. Prilikom formiranja svakog pojedinačnog modela varirana je neka od varijabli koja ima utjecaj na konačne rezultate (geometrija, karakteristike materijala, veličina opterećenja) čime se dobija dovoljno veliki uzorak za statističku analizu (tabela 1 i tabela 2).



Slika 8. Procedura razvoja modela

Tabela 1. Raspon variranja karakteristika slojeva TIP 1

Sloj kolovoze konstrukcije	Debljina sloja [mm]	Modul elastičnosti [MPa]
HBS	20 - 50	1.000 - 10.000
BNS	50 - 80	1.000 - 10.000
Tampon	350 - 500	300 - 900
Posteljica	1.000	30 - 100

Tabela 2. Raspon variranja karakteristika slojeva TIP 2

Sloj kolovoze konstrukcije	Debljina sloja [mm]	Modul elastičnosti [MPa]
HBS	20 - 50	1.000 - 10.000
BNS	50 - 80	1.000 - 10.000
Cementna stabilizacija	150 - 300	5.000 - 20.000
Tampon	350 - 500	300 - 900
Posteljica	1.000	30 - 100

#### 4. MODELI ZA PREDIKCIJU NAPONA DOBIJENI KORIŠTENJEM METODE KONAČNIH ELEMENATA

Na osnovu dobijenih rezultata u softverskom paketu Ansys 15.0, te upotrebom statističkih metoda, dobijene su jednačine (modeli) za predikciju napona u fleksibilnim kolovoznim konstrukcijama. Modeli za svaki sloj kolovozne konstrukcije prikazani su u tabelama 3 i 4.

Tabela 3. Modeli za proračun napona ispod slojeva kolovozne konstrukcije TIP 1

Sloj	Model	R <sup>2</sup> (%)
Habajući sloj	$\sigma_r = 0,0862 - 0,0093H_{HBS} + 0,0077H_{BNS} - 0,000059E_{HBS} + 0,000034E_{BNS} + 0,6154P$	91,51
BNS sloj	$\sigma_r = 0,6693 - 0,0076H_{HBS} - 0,0081H_{BNS} + 0,00020E_{BNS} - 0,0016E_{tampon} + 1,625P$	97,54

Tabela 4. Modeli za proračun napona ispod slojeva kolovozne konstrukcije TIP 2

Sloj	Model	R <sup>2</sup>
Habajući sloj	$\sigma_r = 0,750 - 0,00741H_{HBS} - 0,0029H_{BNS} - 0,00127H_{CS} + 0,000019E_{BNS} - 0,000005E_{CS} + 0,7114P$	92,89
BNS sloj	$\sigma_r = 0,415 - 0,0044H_{HBS} - 0,0046H_{BNS} - 0,000012H_{CS} - 0,00003H_{t} - 0,0000028E_{BNS} + 0,00002E_{cem} + 0,00001E_{tampon} - 0,00018E_{post} + 0,54P$	83,31
Cementna stabilizacija	$\sigma_r = 1,51 - 0,0039H_{HBS} - 0,0057H_{BNS} - 0,0044H_{CS} + 0,0011H_{t} - 0,000012E_{HBS} - 0,00002E_{BNS} + 0,000034E_{cem} - 0,00031E_{tampon} - 0,0014E_{post} + 1,14P$	95,39

Tabela 5. Poređenje vrijednosti napona na zatezanje – TIP 1 kolovozne konstrukcije

Naponi na zatezanje iz modela (MPa)		Naponi na zatezanje iz programskog paketa Bisar (MPa)		Odstupanja (%)	
Ispod habajućeg sloja	Ispod BNS sloja	Ispod habajućeg sloja	Ispod BNS sloja	Ispod habajućeg sloja	Ispod BNS sloja
0,4978	1,7181	0,5190	1,6850	2,12	3,31
1,0109	1,7178	0,9556	1,6850	5,53	3,28
0,7338	1,4319	0,7670	1,4400	3,32	0,81
0,4334	1,4487	0,3681	1,4710	6,53	2,23
0,7051	0,8407	0,7548	0,9119	4,97	7,12
0,5489	1,0076	0,557	1,0450	0,88	3,74

gdje su:

- $\sigma$  - vrijednost napona ispod sloja (mm),
- $H_{HBS}$  - debljina habajućeg sloja (mm),
- $H_{BNS}$  - debljina bito-nosivog sloja (mm),
- $H_{CS}$  - debljina cementne stabilizacije (mm),
- $H_{TAM}$  - debljina tampona (mm),
- $E_{HBS}$  - modul elastičnosti habajućeg sloja (MPa),
- $E_{BNS}$  - modul elastičnosti bito-nosivog sloja (MPa),
- $E_{CS}$  - modul elastičnosti cementne stabilizacije (MPa),
- $E_{TAMPON}$  - modul elastičnosti tampona (MPa),
- $E_{POST}$  - modul elastičnosti posteljice (MPa),
- $P$  - veličina opterećenja koje djeluje na kolovoznu konstrukciju (MPa).

#### 5. TESTIRANJE MODELA I VALIDACIJA

Posljednji korak u formiranju modela za predikciju napona je testiranje modela. Na ovaj način daje se odgovor da li se formirani model može koristiti za predikciju napona i sa kojom tačnošću.

Uz pomoć formiranih jednačina za svaki pojedinačni napon u fleksibilnoj kolovoznoj konstrukciji izračunate su vrijednosti istih, a zatim je izvršena usporedba sa vrijednostima napona dobijenih proračunom u programskom paketu „Bisar“. Rezultati komparacije napona prikazani su u tabelama 5 i 6.

Табела 6. Поређење вриједности напона на затезање – ТИП 2 коловозне конструкције

Напони на затезање из модела (МПа)			Напони на затезање из програмског пакета Bisar (МПа)			Одступања (%)		
Испод habajuћег sloja	Испод BNS sloja	Испод cementne stabilizacije	Испод habajuћег sloja	Испод BNS sloja	Испод cementne stabilizacije	Испод habajuћег sloja	Испод BNS sloja	Испод cementne stabilizacije
0,8506	0,5854	0,9851	0,9111	0,6302	1,0920	6,06	4,48	10,69
0,7111	0,5917	1,0378	0,6798	0,5101	0,9657	3,13	9,16	7,21
0,5716	0,4852	0,9460	0,6654	0,4622	0,9162	9,38	2,30	2,98
0,6688	0,2920	0,5593	0,7388	0,2262	0,5323	7,00	6,58	2,70
0,6359	0,4586	0,9091	0,6518	0,5003	0,8331	1,60	4,17	7,60
0,4763	0,3443	0,6371	0,4760	0,3570	0,6760	0,03	1,27	3,89

## 6. ZAKLJUČAK

Za analizu naponskog stanja u kolovoznim konstrukcijama koriste se brojne empirijske i analitičke metode. Razvoj teoretskih a zatim i računalnih postavki metode konačnih elemenata omogućio je provođenje složenijih eksperimenata i u oblasti kolovoznih konstrukcija.

Primjenom ove metode moguće je sprovesti brojne eksperimente koji bi u laboratorijskim uslovima zahtijevali velike materijalne i vremenske

troškove. Prednost računarskih softvera je u istovremenoj analizi više različitih pojava na istom modelu, pa je tako moguće dobiti vrijednosti napona i defleksija u istom vremenskom trenutku, za bilo koji element modela.

Usporedbom dobijenih rezultata sa već priznatom metodom pokazana je pouzdanost provedene analize. Daljnim usavršavanjem modela i njihovom provjerom u stvarnim uslovima sa laboratorijskim testovima, moguće je dobiti još preciznije modele i rezultate.

## LITERATURA

- [1] Burkić, I. (2015). *Razvoj modela korištenjem metode konačnih elemenata za predikciju napona u fleksibilnim kolovoznim konstrukcijama od cestovnog opterećenja*, Master rad, Građevinski fakultet, Sarajevo,
- [2] Huang, Y.H. (1993). *Pavement analysis and design*, Prentice Hall,
- [3] Yaseen, H.M. (2015). *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, Faculty of engineering University Putra, Malaysi,
- [4] Mazić, B. (2007). *Asfaltne kolovozne konstrukcije*, Građevinski fakultet, Sarajevo,
- [5] Poslijediplomski doktorski studij građevinarstva, Sarajevo, autorizovana predavanja, 2010.,
- [6] Taylor, J. (2009). *Multiple linear regression*, Stanford University, USA,
- [7] Babić, B. (1997). *Projektiranje kolničkih konstrukcija*, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb,
- [8] Joder, E. J. (1975). *Principles of pavement design*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, USA,
- [9] Hrennikoff, A., *Solution of problems of elasticity by the framework method*, Journal of applied mechanics, 1941. 8(4): p. 169-175.
- [10] Taylor & Francis Group (2006). *The handbook of highway engineering*, LLC,
- [11] Huan Chen, B. E. (2005). *Evaluation of Finite Element software for Pavement Stress Analysis*, Toronto, Ontario, Canada,
- [12] Implementation of the NCHRP 1-37A Design Guide Final Report, Department of Civil and Environmental Engineering The University of Maryland, 2007.,
- [13] Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Sarajevo / Banja Luka, 2005.,
- [14] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, DC, 1986.,
- [15] Ibrahimbegović, A. (2010). *Nelinearna mehanika deformabilnih tijela; Teoretska formulacija, aproksimacija konačnim elementima i numerički proračun*, Građevinski fakultet, Sarajevo

## "ČITLJIVI" PUTEVI

**Ana Trpković**, dipl.ing.saobraćaja,  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

**dr Branimir Stanić**, dipl.ing.saobraćaja,  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, b.stanic@sf.bg.ac.rs

**dr Draženko Glavić**, dipl.ing.saobraćaja,  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, drazen@sf.bg.ac.rs

**Marina Milenković**, dipl.ing.saobraćaja,  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, m.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Stručni rad

**Rezime:** U prethodnoj deceniji razvijeni su veoma napredni sistemi za asistenciju vozačima tokom vožnje. Glavni cilj razvoja usmeren je ka povećanju bezbednosti učesnika u saobraćaju, uz sve prateće pozitivne performanse ovih sistema. Velika imena autoindustrije već uveliko implementiraju i testiraju najmodernija tehnološka dostignuća u svojim vozilima. Međutim, efektivnost savremenih sistema za asistenciju vozačima - Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), dovodi se u pitanje ukoliko ne postoji međusobna interakcija između putne infrastrukture (oznaka horizontalne signalizacije i znakova vertikalne signalizacije) i vozila koja ih koriste. Uprkos sjajnim mogućnostima ADA sistema, kojima bi se moglo sačuvati hiljade ljudskih života, ne mogu se postući željeni rezultati bez aktivne saradnje putnog sektora i autoindustrije. Velika ulaganja u razvoj automobla i novih tehnologija nisu proporcionalna resurima koji se izdvajaju za unapređenje kvaliteta oznaka kojima se vozači vode. Postavlja se pitanje: Jesu li današnji putevi u dovoljnoj meri čitljivi za savremena vozila? Prema sprovedenim istraživanjima, performanse ugrađenih kamera i senzora koje pomažu vozaču pri reagovanju na potencijalnu opasnost, značajno su oslabljene ili potpuno neutralsane, ukoliko je signalizacija loša i znakovi oštećeni. Nemogućnost "čitanja" oznaka na putu korišćenjem ADAS-a, dovodi u pitanje pouzdanost ovih sistema i njihovu bezbednu primenu ukoliko kvalitet saobraćajne signalizacije nije odgovarajući. U radu će biti detaljnije predstavljena i objašnjena problematika "čitljivost" puteva, kao i mogućnosti za njegovo prevazilaženje. Takođe, će biti dat prikaz dosadašnjih istraživanja i rada na ovom polju.

**Ključne reči:** sistemi za asistenciju vozačima, saobraćajna signalizacija, bezbednost

## "LEGIBLE" ROADS

**Ana Trpković**, M.Sc. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

**Branimir Stanić**, Ph.D. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, b.stanic@sf.bg.ac.rs

**Draženko Glavić**, Ph.D. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, drazen@sf.bg.ac.rs

**Marina Milenković**, M.Sc. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, m.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Professional paper

**Summary:** In the past decade developed a very advanced systems to assist drivers while driving. The main aim of the development is aimed at increasing the security of the participants, with all the associated positive performance of these systems. Great names of the automotive industry already implemented and tested the latest technological achievements in their vehicles. However, the effectiveness of modern driver assistance systems - Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), brought into question unless there is a mutual interaction between the road infrastructure (code markings and signs of vertical) and the vehicles that use them. Despite great choices for ADA system that could keep thousands of human lives are not in Procedure desired results without the active cooperation of the road sector and car industry. Large investments in the development of automobiles and new technologies are not proportional to the resources to the allocated for improvement of quality label that drivers of water. The question is: Are today's roads sufficiently readable for modern vehicles? According to the conducted research, the performance of embedded cameras and sensors to assist the driver in response to a potential threat, significantly weakened or completely neutralsane, if the bad signaling and signs of damage. The inability to "read" the landmark using the ADAS-a, brings into question the reliability of these systems and their safe use if the quality is not appropriate traffic signs. The paper will be presented and explained in detail the problem of "readability" of roads, as well as opportunities to overcome it. It also will be given of the recent research and work in this field.

**Keywords:** driver assistance systems, traffic signaling, safety

## 1. UVOD - ŠTA SU ČITLJIVI PUTEVI I ZAŠTO SU NAM POTREBNI

U mnogim zemljama poboljšanje bezbednosnih performansi vozila jedan je od najvažnijih faktora koji su uticali na smanjenje broja nezgoda sa fatalnim posledicama u poslednjoj dekadi. Sa druge strane, ne mogu se zanemariti ni infrastrukturna ulaganja, kao i akcije usmerene na sigurnosne pojaseve, alkohol i brzinu. Na žalost, prema nekim pokazateljima, u saobraćajnim nezgodama širom Evrope godišnje strada ili je teže povređeno oko 300.000 ljudi, što predstavlja 2% gubitka BDP [1].

Nedavni uspesi na polju bezbednosti u okvirima Evropske unije su ohrabrujući, no ukoliko se želi dostići cilj "vision zero" strategije, potrebno je u narednim godinama podići nivo svakog pojedinačnog elementa sistema "čovjek - vozilo - put".

Figurativno rečeno: "vožnja sa 5 zvezdica u automobilu sa 5 zvezdica na putu sa 5 zvezdica" [2]. U tom smislu moderna vozila i putevi imaju važnu ulogu da u slučaju zakazivanja ljudskog faktora, vrte vozača u bezbedni "model" vožnje.

Savremeni automobili imaju daleko značajniju ulogu u zaštiti ljudskih života nego što je to bio slučaj u skorijoj prošlosti. Razna napredna tehnološka dostignuća omogućila su da danas na putevima imamo vozila koja mogu značajno asistirati vozaču tokom vožnje i na taj način podići nivo njegove, ali i opšte bezbednosti.

Od upozoravanja na opasnost, preko navigacionih sistema za vođenje i usmeravanje, do preuzimanja kontrole nad kočionim sistemom u slučaju opasnih situacija. Savremena vozila su, može se reći, opremljena za "čitanje" puteva, kako u smislu interakcije sa drugim vozačima i okolinom, tako i u pogledu prepoznavanja saobraćajne signalizacije i pojedinih elemenata opreme puta.

Ipak širom Evrope, kreće se veoma heterogeni vozni park sa vozačima različitih karakteristika, po različito opremljenim i označenim putevima. U tom smislu, korišćenje modernih sistema za asistenciju vozačima trebalo bi da amortizuje ove varijetete i doprinese osećaju sigurnosti, kao i podizanju ukupnog nivoa bezbednosti na putevima. Prema prognozama, već u 2025. godini će se polovina ukupnog broja putovanja na evropskim putevima obaviti vozilima koja su opremljena nekim od naprednih sistema.

Međutim, ni najsavremenija vozila, a ni vozači, ne mogu dobro funkcionisati ukoliko je saobraćajna signalizacija dotrajala, zbunjujuća, nekonzistentna, neusklađena sa međunarodnim konvencijama ili čak i ne postoji. Jasno je da, ukoliko razvoj tehnologije i naprednih sistema u vozilima nije u skladu sa infrastrukturnim razvojem i mogućnostima puta, ne mogu se očekivati ni značajni rezultati. Veoma velika finansijska sredstva se izdvajaju u oblasti autoindustrije, dok infrastrukturna ulaganja ne prate ovaj trend istim intenzitetom.

Prema rečima Džona Dejvsona, predsednika EuroRAP UK, ogromne sume novca se troše na razvoj bezbednosnih tehnologija, ali veoma malo pažnje se poklanja kvalitetu znakova i oznaka na putevima.

Rezultat toga je nemogućnost iskorišćenja svih potencijala naprednih sistema, čak se može postaviti pitanje i bezbednosti njihove upotrebe ukoliko nisu zadovoljeni osnovni saobraćajni uslovi, tj. postojanje kvalitetne signalizacije koja može biti "pročitana" nekom od ADAS tehnologija primenjenih u savremenim vozilima.

Ova tema je bila zanemarena sve do 2011. godine kada su se stručnjaci dve vodeće evropske organizacije u oblasti putne infrastrukture i bezbednosti, EuroRAP (European Road Assessment Programme) i EuroNCAP (European New Car Assessment Programme) udružili sa ciljem da se uspostavi veza između autoindustrije i putnog sektora. Osnovna ideja je bila da se omogući da potencijali novih tehnologija primenjenih u savremenim vozilima, zaista budu u potpunosti iskorišćeni.

Na ovaj način bi se moglo spasiti hiljade ljudskih života na putevima širom Evrope, a i sveta. Radna grupa sastavljena od strane priznatih stručnjaka pripremila je priručnik pod nazivom "Roads That Cars Can Read" u kome su date osnovne smernice za postizanje ovog cilja, koje će biti detaljnije opisane u daljem tekstu. Značajno je napomenuti da je European Union Road Federation (ERF) ponudio svoju pomoć i podršku u radu na ovom projektu. Kao rezultat, ove organizacije su sastavljene pod pokroviteljstvom EuroRAP-a da istraže kako proizvođači putnih oznaka i saobraćajnih znakova mogu da sarađuju sa evropskim auto sektorom koga zastupa Asocijacija evropskih proizvođača automobila – European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), a u cilju da približe ovaj koncept njegovom ostvarenju.

Osnovno pitanje koje se u priručniku postavlja je: Kako se putne oznake i saobraćajni znakovi mogu optimizirati i unaprediti da bi se maksimalno iskoristili potencijali ADAS-a?

Na samom početku bilo je potrebno definisati trenutne zahteve proizvođača automobila, kao i one koje je razumno očekivati u bliskoj budućnosti, kako bi se omogućilo pouzdano i efikasno korišćenje naprednih sistema i pouzdano "čitanje" puteva.

Takođe, trebalo je definisati prioritete delovanja, na nivou mreže, ali i primenjenih tehnologija. Ispitati razlike u infrastrukturnim elementima na prioritetnim putevima, kao i njihov uticaj na efektivnost primenjenih sistema za asistenciju vozačima. Na ovaj način, stvoreni su uslovi za definisanje smernica za unapređenje saobraćajne signalizacije, oznaka i znakova, na evropskoj putnoj mreži.

U skladu sa prethodno navedenim, u okviru predmetnog dokumenta identifikovane su lokalne i nacionalne različitosti u standardima osnovnih elemenata horizontalne i vertikalne signalizacije koje mogu biti lako i jeftino odstranjene u okviru normalnog ciklusa zamene znakova i obnavljanja oznaka, ukoliko se postojeći standardi na nivou Evropske unije usvoje i dosledno primene u svim zemljama.

Ovo se pre svega odnosi na uspostavljanje konzistentnosti u pogledu širine belih linija horizontalne signalizacije i retroreflektujućih svojstava materijala koji se apliciraju na kolovoz.

Takođe, kontinuiranost postojanja horizontalnih oznaka, posebno ivične linije mora biti obezbeđena. Znakovi vertikalne signalizacije moraju biti usaglašeni u fontovima, boji, obliku, veličini, a u skladu sa internacionalnom konvencijom. Infrastrukturni nedostaci mreže glavnih evropskih puteva analizirani su u okviru istraživanja i rangiranja bezbednosti puteva pod vodjstvom EuroRAP-a.

U ovom trenutku, različitosti u pogledu putnih elemenata su prisutne širom Evrope. Majkl van Ratingen, generalni sekretar EuroRAP-a, smatra da postojeća mreža puteva nije dizajnirana prema novim tehnologijama, jer u trenutku izgradnje nisu ni postojale. Takođe, nacionalne razlike su veoma značajne, pa tako, na primer, u Nemačkoj sve može savršeno funkcionisati, no nastavljajući putovanje kroz neku drugu zemlju suočićemo se smanjenjem efektivnosti upotrebe ovih sistema za 10%, 20% ili čak i više, samo zbog nepostojanja adekvatne signalizacije ili nekih drugih infrastrukturnih nedostataka.[3]

Činjenice govore da se najveći broj putovanja, a i saobraćajnih nezgoda, u Evropi dešava na putevima ekonomske važnosti koji obuhvataju tek deset procenata ukupne Evropske putne mreže. Imajuću u vidu ove fakte, fokus interesovanja u okviru ovog projekta je usmeren upravo ka ovom delu evropske putne mreže i značaju njenog kvalitetnog opremanja i održavanja, a sa ciljem povećanja efikasnosti iskoršćenja naprednih sistema.

Generalno, kombinacija različitih načina održavanja puta i različitosti u međunarodnim propisima vezanim za putne oznake i saobraćajnu signalizaciju u čitavoj Evropi, predstavljaju veliku prepreku za efikasnu implementaciju ADAS tehnologija.

## 2. SISTEMI ZA ASISTENCIJU VOZAČIMA - NAPREDNI SISTEMI U VOZILIMA

Savremena vozila se po svojim karakteristikama i mogućnostima značajno razlikuju od automobila koji su se proizvodili u relativno bliskoj prošlosti. U automobilima današnjice postoje sistemi za navigaciju vozača, moguće je dobiti različite vrste informacija o saobraćaju, ugrađeni su sistemi za izbegavanje sudara, prilagođavanje brzine, noćni režim vožnje, tempomat i sl. Ove napredna tehnološka dostignuća implementirana su sa ciljem omogućavanja maksimalne bezbednosti vožnje i pružanja dodatnog komfora vozačima.

U okviru ovih sistema, kao najznačajniji i najčešće implementirani izdvojili su sledeći napredni sistemi, za koje bi infrastrukturna poboljšanja bila od velike važnosti:

1. Sistem za podršku obezbeđenja zadržavanja vozila u saobraćajnoj traci - Lane support system - (LSS) u okviru koga se ističu:
  - Sistem za upozoravanje o napuštanju trake - Lane Departure Warning (LDW)
  - Sistem zadržavanja u traci - Lane Keeping Assistance (LKA)
2. Sistem za prepoznavanje saobraćajnih znakova - Traffic Sign Recognition (TSR)

Svaki od navedih sistema na različit način asistira vozaču tokom vožnje.

### 2.1 Sistem za podršku obezbeđenja zadržavanja vozila u saobraćajnoj traci - Lane support system - (LSS)

Sistem zadržavanja u traci (LKA) i sistem za upozoravanje o napuštanju trake (LDW) mogu da "čitaju" oznake na putu i da daju vizuelno, zvučno ili taktilno upozorenje ukoliko vozilo, bez najave, pređe u drugu saobraćajnu traku.

Vozači mogu imati osećaj da prelaze preko hrapave površine, čak iako fizičke promene na kolovozu ne postoje. Sistemi za zadržavanje (LKA) u određenoj saobraćajnoj traci daju značajnu podršku vozaču prilikom upravljanja vozilom.



Slika 1. Sistem za podršku obezbeđenja zadržavanja vozila u saobraćajnoj traci (LSS)

Izvor: <http://www.inautonews.com/wp-content/uploads/2009/10/lane-keeping.png>



**Slika 2.** Sistem za podršku obezbeđenja zadržavanja vozila u saobraćajnoj traci (LSS) Izvor: <http://www.inautonews.com/wp-content/uploads/2009/10/lane-keeping.png>

Jasno je da je za ove sisteme važno da oznake horizontalne signalizacije budu vidljive, kvalitetne, kontinuirane, istovetnih boja i dimenzija, što u postojećem stanju putne mreže nije ispunjeno.

## 2.2 Sistem za prepoznavanje saobraćajnih znakova - Traffic Sign Recognition (TSR)

Prepoznavanje saobraćajnih znakova omogućeno je korišćenjem sistema unutar vozila koji mogu da čitaju i protumače različite tipove znakova, uključujući i znakove za ograničenje brzine. U tom smislu, u okviru ove grupe naprednih sistema, kao veoma značajni izdavaju se sistemi za upozoravanje o brzini - Speed Alert Systems (SAS), pri čemu vertikalna signalizacija ima veoma veliku ulogu u njihovom efikasnom funkcionisanju.



**Slika 3.** Speed Alert System (SAS) Izvor: [http://images.dailytech.com/nimage/2728\\_sc\\_upload\\_file\\_sv200608005\\_300dpi\\_1396442.jpg](http://images.dailytech.com/nimage/2728_sc_upload_file_sv200608005_300dpi_1396442.jpg)



**Slika 4.** Speed Alert System (SAS)

Do nedavno, vozač je bio jedini koji je primao informacije koje su pružale putne oznake i saobraćajni znakovi. Održavanje, doslednost i unifomnost putnih oznaka na kolovozu i saobraćajnih znakova su sad još važniji jer sada i vozač i vozilo moraju "čitati" postavljenu saobraćajnu signalizaciju. Sa aspekta bezbednosti je veoma značajno da se na isti način tumače oznake i znakovi od strane vozača i vozila, jer bi u suprotnom posledice mogle biti fatalne.

Tehnologija primenjena u ADA sistemima je slična ljudskom oku. Ona "čita" putne oznake i saobraćajane znakove, pomaže vozaču da ostane u traci, na pravoj strani puta i upozorava na potencijalne opasnosti ispred. Kao i ljudsko oko, tehnologija ne može efektivno da radi ukoliko ne može da "vidi" saobraćajne znake i oznake, ukoliko su oni izbledeli ili prekriveni, ili ukoliko su nejasni, odnosno zbunjujući. Prikazani napredni sistemi: LKA, LDW i TSR, "dopunjavaju" ljudsko oko, vode i/ili upozoravaju i time obezbeđuju bezbedniju i komforniju vožnju.

U tom smislu, smernice koje su rezultat obavljenih istraživanja i analiza su usmerene pre svega na unapređenje standarda kvaliteta za putne oznake i saobraćajne znakove na glavnoj mreži evropskih puteva. Dva ključna elementa putne infrastrukture, koji se moraju prilagoditi kako bi optimizirali efektivnost ADAS-a u vozilu su: putne oznake i saobraćajni znakovi.

## 3. UNAPREĐENJE OZNAKA NA PUTEVIMA

Osnovno pravilo kvaliteta horizontalne signalizacije glasi: *oznake na putu moraju biti identično vidljive vozačima, danju i noću, u svim vremenskim uslovima* [4]. Njihova efektivnost zavisi od njihovog osvetljenja i retroreflektujućih svojstava materijala, ali i od podloge na koju je oznaka aplicirana.

Važećim evropskim standardima propisane su minimalne vrednosti retrorefleksije horizontalne signalizacije za različite vremenske prilike. Nivo kvaliteta koje pruža "dobra" kolovozna oznaka bi trebalo da se postigne i za mokre i suve uslove odvijanja saobraćaja, što je tehnički i troškovno izvodljivo u većini evropskih zemalja.

U skladu sa potrebama naprednih tehnologija u vozilima, identifikovani su i faktori koji mogu uticati na operativnost i performanse sistema napuštanja trake (LDW) i sistema ostajanja u traci (LKA), a u vezi su sa infrastrukturom putne mreže. Faktori su prema važnosti svrstani u tri kategorije:

- Važni faktori: stanje površine kolovoza, "istrošenost" trake, višenamenske (zbunjujuće) putne oznake, stare oznake koje nisu potpuno uklonjene;
- Srednje važni: nagib kolovoza, radijus, granice između više traka;
- Manje važni: širina trake, vidljivost;

S obzirom da se oznake horizontalne signalizacije ugrađuju na kolovoz, bilo je značajno definisati prethodno navedeno. Za dostizanje boljih karakteristika oznaka na kolovozu pre svega je potrebno da se unaprede i poboljšaju postojeći standardi koje upravljači puta moraju implementirati kako bi obezbedile optimalne karakteristike sistema za asistenciju vozačima. Njihova primena bi trebalo da se obavi u toku redovnog održavanja i ciklusa zamene, što bi uticalo na smanjenje troškova i efikasnost. Na osnovu prikupljenih podataka intervencija na mreži i standarda održavanja iz mnogobrojnih evropskih zemalja, ERF je definisala osnovna svojstva kvaliteta "dobre" kolovozne oznake kao one čiji je **minimalni nivo performansi u suvim uslovima 150mcd/lux/m<sup>2</sup>** i čija je **minimalna širina 150mm za sve puteve** za mokre uslove minimum bi trebalo da bude 35 [5]. Ovi zahtevi su već ispunjeni u delu zemalja članica EU, pa se može smatrati da je primena ovakvog standarda realna, tehnički izvodljiva i troškovno efikasna.



Slika 5. Nove oznake horizontalne signalizacije  
Izvor: <http://www.geveko-markings.com/uploads/pics/ViaTherm-thermoplastic-road-marking-material.jpg>

U narednoj tabeli su prikazane smernice za unapređenje putnih oznaka prezentovane u priručniku "Roads That Cars Can Read"

Tabela 1. Predlozi i smernice za unapređenje oznaka horizontalne signalizacije [1]

Predlog 1	<i>Svi putevi bi trebalo da budu pravilno označeni i oznake bi trebalo redovno održavati kako bi bile vidljive i nezbunjujuće</i>	
	Obim	Panevropski putevi koji se ističu po svojoj ekonomskoj važnosti
	Izvodljivost	Standardi za implementaciju i održavanje su već definisani i potrebno je samo ih primeniti
	Troškovi	Niski – dodatni troškovi su u ravnoteži sa očekivanom bezbednošću
Predlog 2	<i>Korišćenje retroreflektivnih oznaka koje su vidljive u svim vremenskim uslovima</i>	
	Obim	Panevropski putevi koji se ističu po svojoj ekonomskoj važnosti
	Izvodljivost	Visoka – Standardi za implementaciju su već definisani i potrebno ih je usvojiti; <b>150x150 standard putne oznake mora biti prihvaćen u svim zemljama</b>
	Troškovi	Niski – dodatni troškovi su u ravnoteži sa očekivanom bezbednošću; dodatna istraživanja moraju da prikažu interakciju LDWS/LKA sa retroreflektivnim oznakama koje su vidljive u svim vremenskim uslovima
Predlog 3	<i>Usklađivanje boje i dimenzija putnih oznaka</i>	
	Obim	Panevropski putevi koji se ističu po svojoj ekonomskoj važnosti
	Izvodljivost	Srednja
	Troškovi	Niski – dodatni troškovi su u ravnoteži sa očekivanom bezbednošću; dodatna istraživanja moraju da prikažu interakciju LDW/LKA sa retroreflektivnim oznakama koje su vidljive u svim vremenskim uslovima
Predlog 4	<i>Korišćenje neisprekidane linije za označavanje ivice kolovoza</i>	
	Obim	Panevropski putevi koji se ističu po svojoj ekonomskoj važnosti
	Izvodljivost	Srednja - zahteva od država članica EU da se usaglasa kako bi se osigurala efektivna implementacija širom Evrope
	Troškovi	Niski - ukoliko se implementira za vreme ciklusa zamene

#### 4. UNAPREĐENJE SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA

Tehnologija prepoznavanja saobraćajnih znakova funkcioniše pomoću ugrađenih kamera koje "vide" i "tumače" boju, oblik, poruku znaka, i sl. Ipak, da bi bio efikasan, znak mora biti vidljiv i čoveku i tehnologiji koja ga "čita".

U tom smislu se principi retroreflektivnosti moraju primeniti jednako na saobraćajne znakove, odnosno vidljivost znaka je određena količinom reflektovanog svetla u skladu sa evropskim standardom EN 12899.

Kao i za oznake kolovoza, determinisani su i rangirani faktori ometanja efikasnog prepoznavanja konvencionalnih saobraćajnih znakova:

- Visoki značajni faktori: vandalizam/grafiti, pozicija znaka, prekrivenost znaka;
- Visoko-srednji faktori: pogrešno pozicionirani znakovi, ugao postavljanja;
- Srednji faktori: kvalitet površine znaka, nekonzistentnost u postavljanju znakova, razlike u boji i obliku;
- Manje značajni faktori: zbunjivanje kod višenamenskih znakova postavljenih na istoj lokaciji, ambijentalna rasveta;

Potrebno je istaći da grupa znakova sa izmenjivom signalizacijom - Variable Message Sign (VMS) stvara poteškoće sensorima kamera. S obzirom da je veliki deo glavne evropske putne mreže opremljen VMS-om, trebalo bi definisati i predložiti zahteve koji VMS moraju da ispunjavaju tako da se mogu precizno i lako očitati.

Jedan od najznačajnijih problema koji je primećen prilikom korišćenja novih tehnologija u vozilima jesu razlike u vertikalnoj saobraćajnoj signalizaciji koje su prisutne širom Evrope. Ukoliko se žele iskoristiti potencijali naprednih sistema i postići optimalne performanse prepoznavanja saobraćajnih znakova moraju se obezbediti neophodni preduslovi:

- usklađivanje saobraćajnih znakova širom Evrope (boja, font, oblik) sa Bečkom konvencijom (Tabela 2);
- standardizacija evropskih uputstava za montažu znakova, definisanje broja znakova, ugla postavljanja, itd;
- korišćenje izdržljivijih materijala koji ne gube svoju vidljivost tokom vremena;
- redovno održavanje znakova koje obezbeđuje jasnu vidljivost u svim vremenskim uslovima;
- VMS se mora razviti tako da može biti "očitan" naprednim tehnologijama podjednako precizno kao i ljudskim okom.

Tabela 2. Različitosti osnovnih saobraćajnih znakova u Evropi

Saobraćajni znakovi	Velika Britanija	Grčka	Holandija	Poljska	Srbija
Obavezno zaustavljanje STOP					
Istupanje prvenstva prolaza					
Zabrana saobraćaja za motorna vozila					

Kao rezultat rada na priručniku "Roads That Cars Can Read", radna grupa je definisala sledeće smernice za unapređenje saobraćajnih znakova, sa ciljem efikasnije upotrebe ADAS sistema i podizanja opšteg nivoa bezbednosti na evropskoj mreži puteva. (Tabela 3)

Tabela 3. Predlozi i smernice za unapređenje znakova vertikalne signlaizacije [1]

Predlog 1	Usklađivanje glavnih propisa saobraćajnih znakova (primer: STOP, davanje prioriteta, zabranjeno skretanje itd.) u Evropi sa poštovanjem boje, oblika, fonta, itd.	
	Obim	Panevropski
	Izvodljivost	Niska - kratkoročna
	Troškovi	Niski – ukoliko je implemntiran za vreme ciklusa zamene
Predlog 2	Izrada uputstava i priručnika za određivanje pozicije, broja znakova, ugla postavljanja, itd.	
	Obim	Panevropski
	Izvodljivost	Srednja
	Troškovi	Niski – srednji – zahtevaju istraživanja za definisanje standarda primenljivih na nivou Evropske unije
Predlog 3	Korišćenje izdržljivijih materijala koji ne gube svoju vidljivost tokom vremena	
	Obim	Panevropski
	Izvodljivost	Visoka – standradi već postoje i trebalo bi da se uvedu
	Troškovi	Niski – dodatni troškovi su u ravnoteži sa manjim potrebama održavanja i ukoliko je implementacija za vreme ciklusa zamene
Predlog 4	Odgovarajuće održavanje znakova	
	Obim	Panevropski
	Izvodljivost	Visoka
	Troškovi	Niski – dodatni troškovi su u ravnoteži sa očekivanom bezbednošću
Predlog 5	VMS mora biti razvijen tako da bude čitljiv kamerama kao i vozačima	
	Obim	Panevropski sa mogućim proširenjem
	Izvodljivost	Visoka
	Troškovi	Moraju biti naknadno definisani

## 5. ZAKLJUČAK

Prema prognozama, do 2025. godine, većina putovanja će se obavljati vozilima sa implementiranom naprednom tehnologijom, koja može da "čita" put ispred sebe. Konstantnim unapređenjem pojedinih elemenata saobraćajnog sistema, današnji putevi i putna infrastruktura predstavljaju na neki način kočnicu celog procesa, odnosno postavlja se pitanje kako neki novi sistem integrisati u postojeću putnu infrastrukturu. U tom smislu, razvojni proces puta i putne infrastrukture daleko je od završenog [6]. U narednom periodu potrebno postojeću putnu infrastrukturu širom Evrope prilagoditi potrebama inteligentnih vozila da bi se postigla njihova maksimalna efikasnost, a u cilju bezbednog odvijanja saobraćaja.

U okviru ovog rada dat je kratak pregled dosadašnjeg istraživanja i rezultata na ovom polju. Identifikovani su obim, izvodljivost, troškovi i ograničenja za unapređenje saobraćajne signalizacije koju mogu čitati i vozači i napredni sistemi. U tom smislu definisane su i smernice za unapređenje saobraćajne signalizacije koje bi bilo neophodno sprovesti u narednom periodu. Ovi predlozi mogu doprineti boljoj interakciji između vozila i saobraćajne signalizacije na putu, pri čemu neki od predloga mogu biti implementirani odmah, za pojedine su neophodna dodatna istraživanja pre primene, dok bi ostali mogli biti posebni istraživački projekti koji zahtevaju širi konsenzus među zainteresovanim stranama, što naravno može uticati na duži period implementacije.

Osim navedenog, neophodno je podvući i fenomen značajnog starenja stanovništva na tlu Evrope, a i šire. Očekuje se da 2020. godine oko 25% vozača na evropskim putevima bude starije od 65 godina. Usled smanjenih sposobnosti, ovoj kategoriji korisnika će biti potrebno nedvosmisleno jasno i vidljivo vođenje na putu. Ove činjenice dodatno ukazuju na potrebu za brzim reagovanjem i prilagođavanjem postojeće putne infrastrukture.

Smernice koje su prikazane predstavljaju troškovno efikasne predloge čijom bi se primenom postiglo značajno smanjenje u saobraćajnim nezgodama sa teškim i fatalnim posledicama sa jedne strane, i poboljšao komfor vozača sa druge strane. Potrebno je istaći da se većina iznetih predloga mera može smatrati relativno "jeftinim" u odnosu na benefite koji mogu biti ostvareni. Na ovaj način bi se postojeći putevi adekvatno prilagodili i pripremili za eru inteligentnih vozila, ali i novu strukturu korisnika.

## LITERATURA

- [1] EuroRAP and EuroNCAP. (2011). Roads that Cars can Read – A consultation paper. (on-line). Dostupno preko: <http://www.euroncap.com/files/Roads-that-cars-can-read---0-41b5e8b7-ae0d-4fd0-abc3-0c4548cd697e.pdf>
- [2] ERF., EuroRAP., Rainvision project. (2015). Roads that Cars can Read - Presentation. (on-line). Dostupno preko: [http://www.erf.be/images/RAINVISION/6.\\_SS\\_Rainvision\\_March\\_2015.pdf](http://www.erf.be/images/RAINVISION/6._SS_Rainvision_March_2015.pdf)
- [3] Traffic Technology International.(feb/march 2012). Active measures, 17-23.
- [4] Stanić B., Zdravkoivić P., Milosavljević S., Vukanović S. (1997). Elementi saobraćajnog projektovanja - horizontalna signalizacija. Saobraćajni fakultet. Beograd.
- [5] European Union Road Federation (ERF). (2013). Marking the way towards a safer future. (on-line) Dostupno preko: [http://www.erf.be/images/ERF\\_Paper\\_on\\_Road\\_Markings\\_Released.pdf](http://www.erf.be/images/ERF_Paper_on_Road_Markings_Released.pdf)
- [6] Stanić B., Trpković A., Vidas M.(2013). Nove ideje i potencijali u projektovanju i primeni saobraćajne i putne opreme, Međunarodni simpozijum NOVI HORIZONTI SAOBRAĆAJA I KOMUNIKACIJA, Doboj.



# IDEJNO REŠENJE DRUGE POLETNO-SLETNE STAZE BEOGRADSKOG AERODROMA „NIKOLA TESLA“ SA PRATEĆIM MANEVARSKIM POVRŠINAMA

**Filip Išljamović, master inž. građ.**

CeS.COWI, fili@cescowi.rs

**v.prof. dr Dejan Gavran, dipl. građ. inž.**

Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, gavran@eunet.rs

Pregledni rad

**Rezime:** Ovaj pregledni rad prikazuje idejno rešenje druge poletno-sletne staze na aerodromu Beograd. Rešenjem je obuhvaćen i detaljan plan odvodnjavanja, kao i prikaz signalizacije i markacije poletno-sletne staze.

**Ključne reči:** aerodrom Beograd, druga poletno-sletna staza.

## PRELIMINARY SOLUTION OF THE SECOND RUNWAY OF BELGRADE AIRPORT “NIKOLA TESLA” WITH ACCOMPANYING MANEUVERING AREAS

**Filip Išljamović, MSc, Civ. Eng.**

CeS.COWI, fili@cescowi.rs

**Dejan Gavran, Ph.D. Civ. Eng.**

Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, gavran@eunet.rs

Review paper

**Abstract:** This review paper presents the preliminary solution of the second runway at the Belgrade airport. Solution includes and detailed drainage plan, as well as display signalization and markings of the runway.

**Key words:** Belgrade Airport, The second runway

### 1. UVOD

Aerodrom “Nikola Tesla” je najveći međunarodni aerodrom Republike Srbije. Nalazi se na surčinskom platou, u delu sremske ravnice, na jednoj od najjužnijih tačaka Panonske nizije. Udaljen je 13km u zapadnom pravcu (275°) od centra Beograda. Geografska širina aerodroma je 44° 49' 10"N, geografska dužina 28° 18' 25"E, a nadmorska visina 336ft (102m).

### 2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Prve studije i inženjerska istraživanja lokacije beogradskog aerodroma započeta su još 1947. godine, a konačno rešenje predstavljeno je u Generalnom urbanističkom planu iz 1950. godine.

Aerodrom je bio zamišljen kao “interkontinentalno vazdušno pristanište” sa dve poletno-sletne staze i odgovarajućom infrastrukturom koja obezbeđuje funkcije međunarodnog aerodroma najviše klase. Tim rešenjem bila su obezbeđena dva bitna preduslova za budući razvoj aerodroma:

- Izabrana je pogodna lokacija koja je posedovala sve navigacione, meteorološke, građevinsko-tehničke i saobraćajne uslove.
- U planiranju aerodromske infrastrukture bile su utvrđene realne prostorne potrebe za razvoj aerodroma do 2000. godine.

#### 2.1. Faze razvoja

Dosadašnji razvoj Aerodroma Beograd mogao bi se podeliti u tri faze:

1. Faza izgradnje (period do 1962. godine) – realizovano je približno ¼ planiranog programa po Generalnom urbanističkom planu. U toj fazi su izgrađeni samo objekti neophodni za obavljanje putničkog saobraćaja, kao i osnovni servisni kapaciteti kao što su:

- Poletno-sletna staza dužine 3.000 m, sa pratećom rulnom stazom i spojnicama;
- Pristanišna platforma veličine 65.000 m<sup>2</sup>;
- Putnički terminal za domaći i međunarodni saobraćaj, sa kontrolnim tornjem, ukupne površine 11.600 m<sup>2</sup> i kapaciteta oko 800.000 putnika/godišnje;
- Pristupne saobraćajnice sa parkingom za 57 PA;
- Objekti PTT, Jugopetrola i vatrogasne službe;
- Vodovodna, kanalizaciona i elektroenergetska mreža sa pratećim objektima i dr.

2. Faza dogradnje (period od 1962. do 1977. godine)

– u periodu početne eksploatacije aerodroma, nastavilo se i sa dogradnjom i proširenjem infrastrukturnih, servisnih i komercijalnih kapaciteta aerodroma. U ovom periodu izgrađeni su i pušteni u promet:

- Produžetak poletno-sletne staze za 460 m;
- Proširenje pristanišne platforme za oko 42.000 m<sup>2</sup>;
- Glavni pristupni put autoputnog profila;
- Javna parking garaža kapaciteta 550 PA;
- Novi elektro-dalekovod sa trafostanicom i dopunskom razvodnom mrežom;
- Zgrada oblasne kontrole letenja i nova zgrada letačke operative;
- Novo robno-carinsko skladište veličine 6.000 m<sup>2</sup> i dr.

3. Faza rekonstrukcije i modernizacije (period od 1977. godine) – glavni akcenti su stavljeni na osavremenjivanje putničkog kompleksa, popravku i proširenje manevarskih površina, i kvalitetno poboljšanje servisne opreme aerodroma. Do 1985. godine urađeno je sledeće:

- Izgrađen je terminal T2;
- Izgrađena je nova pristanišna zgrada veličine 33.000 m<sup>2</sup> i rekonstruisana je postojeća. Time je pristanišni objekat dobio površinu od 45.000 m<sup>2</sup>;
- Izgrađena je nova modularna platforma za širokotrupne avione tako da su postojeće manevarske površine povećane za 50.000 m<sup>2</sup>;
- Izgrađena je nova putna mreža u zoni pristanišnog kompleksa sa parkingom kapaciteta 1.200 PA;
- Izvršena je privremena rekonstrukcija kolovoznog zastora na poletno-sletnoj i rulnoj stazi, čime je obuhvaćeno oko 130.000 m<sup>2</sup> kolovoznih površina;
- Izgrađena je nova tehnička baza za održavanje i garažiranje servisnih vozila;
- Proširena je mreža komunalnih instalacija i dr.

### 3. POSTOJEĆE STANJE



Slika 1. Postojeće stanje aerodroma Beograd  
Izvor: <http://www.geomreze.rgz.gov.rs>

#### 3.1. Poletno-sletna staza

Dužina poletno-sletne staze iznosi 3400 metara, a širina 45 metara. Sa svake strane nalazi se zaštitni pojas (shoulder) širine 7.5 metara. Poletno-sletna staza ima maksimalni podužni nagib od 0.4% dok je poprečni nagib krovast i iznosi 2x1.5%.

Osnovna staza (Runway strip) poletno-sletne staze dugačka je 3520 metara, a široka 300 metara, što je u skladu sa ICAO (International Civil Aviation Organization) propisima.

Prag 12 je opremljen za operacije CAT III, a prag 30 za operacije CAT I preciznog instrumentalnog prilaza. Osnovna staza je isplanirana u širini od po 105 metara sa obe strane osovine poletno-sletne staze, što je takođe u saglasnosti sa ICAO propisima.

#### 3.2. Rulne staze

Paralelna rulna staza, širine 23 metara celom dužinom prati poletno-sletnu stazu. Sa njom je povezana rulnim stazama širine po 23 metara. Zaštitni pojas (shoulder) je projektovan kao travnata površina koja može da izdrži opterećenje aviona.

### 4. GENERALNO REŠENJE AERODROMA



Slika 2. Master plan aerodroma Beograd – 3D model

#### 4.1. Druga poletno-sletna staza



Slika 3. Prag 12R



Slika 4. Prag 30L

U skladu sa propisima, pravac druge poletno-sletne staze (PSS2) određen je na osnovu ruže vetrova pri čemu je ispunjen uslov da je koeficijent upotrebljivosti veći od 95%. Osmatranje se vrši u 16 pravaca, 8 puta na dan, na visini od 10m iznad tla, za period od minimum 5 godina.

Kategorija prilaza koja će se primenjivati na PSS2 je precizan instrumentalni prilaz kategorije "3C". Primenjivaće se ILS (*Instrument Landing System*) navigacioni sistem koji obezbeđuje precizno vođenje vazduhoplova koji prilaze poletno-sletnoj stazi emitujući radio-talase.

Na osnovu poznate nadmorske visine (102m), referentne temperature (27°C) i dužine poletno-sletne staze pri standardnim uslovima (3350m), dobijena je dužina PSS2 koja iznosi 3500m.

Prema ICAO standardima podužni nagib mora biti manji od 1.25% a radijusi vertikalnih zaobljenja veći od 30 000m. Maksimalni podužni nagib primenjen na poletno-sletnoj stazi je 0.85% a primenjeni radijusi vertikalnih krivina su 30 000 m i 40 000m. Podužni nagib u prvoj i poslednjoj četvrtini poletno-sletne staze ne sme biti veći od 0.8% pri čemu je na celoj pisti dozvoljena promena nagiba ( $\Delta i$ ) do 1.5%. Rastojanje između dva preloma nivelete mora biti minimalno  $30000 \cdot \Delta i$ .

Prag 12R je lociran na kraju piste, a prag 30L je pomeren za 450m.

Širina poletno-sletne staze na osnovu kodnog slova "F" i kodnog broja 4 iznosi 60m, a širina zaštitnog pojasa (shoulder-a) je 7.5m sa obe strane poletno-sletne staze.

Poprečni nagib poletno-sletne staze je krovasti sa padom od 1.5% a zaštitnog pojasa 2.5%.

Kolovozna konstrukcija poletno-sletne staze se sastoji od:

- Cement betona MB40 d=35 cm

- Nosećeg sloja od zrnastog kamenog materijala stabilizovanog cementom d=15 cm
- Lomljenog kamena d=40 cm
- Posteljice CBR=20%

Zaštitni pojas obezbeđuje prelaz sa kolovozne konstrukcije na zatravljenu površ osnovne staze, sprečava eroziju zemlje koju bi izazvao mlaz vazduha iz motora kao i usisavanje kamenja i drugih materijala u motor. Nosivost zaštitnog pojasa treba da omogući kretanje aviona po njemu bez oštećenja. Predloženi su sledeći slojevi:

- Cement beton MB40 d=20 cm
- Noseći sloj od zrnastog kamenog materijala stabilizovanog cementom d=15 cm
- Lomljeni kamen d=55 cm
- Posteljica CBR=20%

#### 4.2. Rulne staze

Svi udaljeni elementi airside-a (poletno-sletne staze, rulne staze, platforme itd.) međusobno su povezani sistemima rulnih staza. Pravilno projektovan sistem trebalo bi da bude sposoban da omogući kontinualne tokove avionskog saobraćaja na zemlji. Teži se obezbeđenju najveće moguće brzine sa što manje deonica koje bi zahtevale promene brzina, bilo ubrzanja, bilo usporenja i pravca kretanja. Ostvarenja ovih ciljeva obezbeđuju funkcionisanje sistema rulnih staza na najvišem nivou bezbednosti i uspešnosti.

Rastojanja paralelnih rulnih staza za kodno slovo "F" iznose 97.5m, a rastojanje između poletno-sletne staze i paralelne rulne staze iznosi 190m za kategoriju "3C" preciznog instrumentalnog prilaza. Rulne staze projektovane su za rulanje (taksiranje) aviona kodnog slova "F". Širina rulnih staza iznosi 25m, a širina zaštitnog pojasa (shoulder-a) je 17.5m, što daje ukupnu širinu od 60m. Prema ICAO standardima podužni nagib rulne staze mora biti manji od 1.5%, a radijusi vertikalnog zaobljenja veći od 3 000m. Poprečni nagibi takođe ne smeju prelaziti 1.5%.

Kolovozna konstrukcija na rulnim stazama je sledeća:

- Cement beton MB40 d=35 cm
- Noseći sloj od zrnastog kamenog materijala stabilizovanog cementom d=15 cm
- Lomljeni kamen d=40 cm
- Posteljica CBR=20%

### 4.3. Platforma putničkog terminala T3



Slika 5. Platforma putničkog terminala T3

Saobraćajne prognoze pokazuju da se do 2025. godine moraju obezbediti novi kapaciteti putničkih terminala.

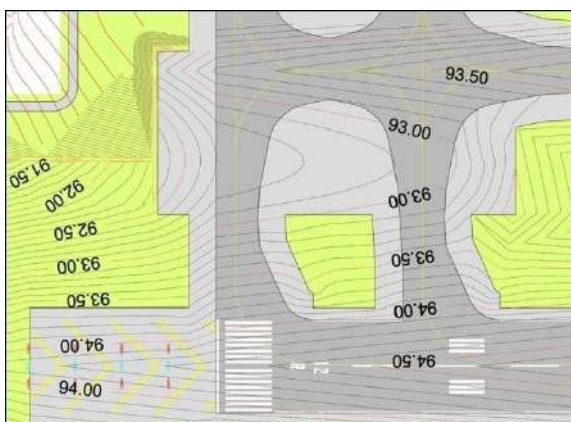
U blizini praga 12R planira se izgradnja novog putničkog terminala T3 i platforme sa kapacitetom od 15 pozicija za parkiranje aviona.

### 4.4. Platforma za odleđivanje vazduhoplova

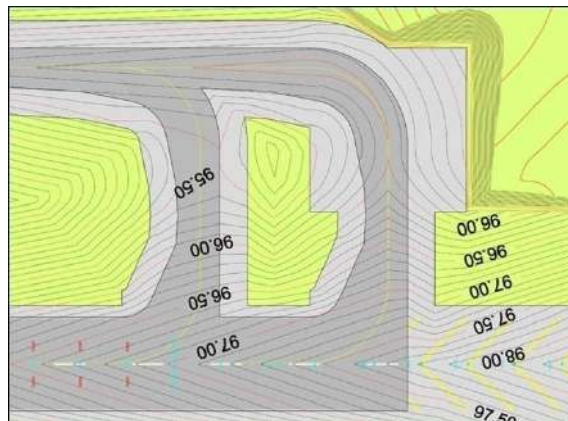
U okviru idejnog rešenja predviđene su dve platforme za odleđivanje vazduhoplova i to jedna na prostoru u blizini praga 12R i druga u blizini praga 30L. Platforma u blizini praga 12R je 105m dužine i 230m širine, a platforma u blizini praga 30L je 105m dužine i 100m širine.

Platforma mora obezbediti visok nivo efikasnosti pri opsluživanju aviona.

Oprema i vozila koja služe za te operacije moraju biti raspoređeni po platformi tako da ne ometaju manevrisanje aviona, čime se obezbeđuje sigurnost i produktivnost.



Slika 6. Nivelacioni plan platforme za odleđivanje vazduhoplova kod praga 12R



Slika 7 Nivelacioni plan platforme za odleđivanje vazduhoplova kod praga 30L

### 4.5. Plan odvodnjavanja i prečišćavanja vode

Atmosferske vode sa kompleksa Aerodrom Beograd pripadaju savskom slivu i preko glavnog kolektora 210/140 ulivaju se u hidromelioracioni kanal Galovica.

U okviru ovog idejnog rešenja, sistem kanalisanja atmosferske vode sa svih nivelaciono rešenih površina osmišljen je tako da može da prihvati vodu koja je zagađena na sledećim nivoima:

- Nezagađena voda

Atmosferske vode sa zatravljenih površina koje nisu ni u kakvom kontaktu sa vazduhoplovima, niti servisnim vozilima (sem u slučaju nezgode) i koje se pritom, usled predviđenog plana odvodnjavanja ne mešaju sa vodom koja otiče sa kolovoznih površina. One se puštaju da slobodno otiču na zemljište.

- Zagađene vode I nivoa

Jesu sve atmosferske vode sa kolovoznih površina gde su realno prisutne agresivne hemikalije poput ulja i goriva. One moraju biti kanalisane i neophodno ih je prečistiti pre ispuštanja na zemljište.

Za ove zagađene vode projektovani su kanali trapeznog oblika dubine 0.75m i širine 1m, sa nagibom stranica 1:2. Kanali se nalaze duž osnovne staze na 133. metru od osovine poletno-sletne staze; zatim duž osnovne rulne staze; duž spoljnih ivica zaštitne zone kraja poletno-sletne staze.

Ceo sistem je povezan propustima Ø1000 ili Ø500 na mestima gde nije bilo moguće izvesti otvoren kanal. Dimenzije cevastih propusta koji se nalaze ispod rulnih staza ili ispod poletno-sletne staze, kao i debljina sloja iznad cevi sračunati su na osnovu opterećenja merodavnog aviona Airbus A380.

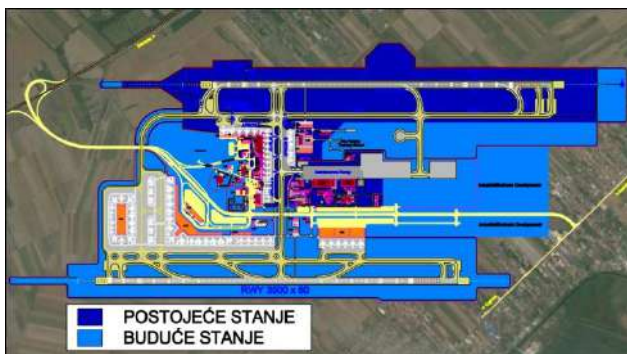
Duž poletno-sletne staze i duž svih rulnih staza postoje rigoli sa obe strane kolovozne konstrukcije u koje se sakuplja voda sa kolovoza i putem slivnika i podzemnih cevi transportuje do otvorenih kanala.

Na osnovu površine najvećeg slivnog područja i intenziteta kiše, usvojen je prečnik cevi, tj. širina otvorenog kanala. Na kraju ispusta predviđene su retenzije u obliku zarubljene kupe, kojoj je manji prečnik 15m, a visina 2m sa nagibom ivica 1:2. Retenzije su betonske konstrukcije i u njima je predviđeno da se vrši separacija i filtracija zagađene vode, nakon čega se ona može ispustiti na zemljište.

- Zagađene vode II nivoa

Kolovozna površina platformi za odleđivanje vazduhoplova je izložena najvećim uticajima hemikalija, naročito glikola koji se meša sa raznim tečnostima. U zavisnosti od procenta glikola u mešavini, zamrzavanje nije moguće ni na temperaturama nižim od  $-20^{\circ}\text{C}$ . Međutim, dejstvo ove hemikalije na prirodu je veoma štetno, pa se mora voditi računa kako o prikupljanju, tako i o prečišćavanju ovog nivoa zagađene vode.

Na platformama su predviđeni rešetkasti slivnici upravno na pravce oticanja vode sa platforme. Slivnici su usmereni ka podzemnim cevima koje vode do bazena u blizini platformi. U njima će se skladištiti i prečišćavati prikupljena zagađena voda. Rešetkasti kanal, može da izdrži težinu od 900kN (što odgovara avionu Airbus A380).



Slika 8 Master plan aerodroma Beograd 2025.

Izvor: [5] Master plan Aerodroma Beograd 2025., Scott Wilson Kirkpatrick i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003.

## 5. DISKUSIJA

Južno od aerodroma, sasvim blizu ograde i poletno-sletne staze, smešteno je manje naselje. Najozbiljniji problem predstavlja blizina objekata (pretežno stambenih) južno od aerodroma, posebno nelegalno podignutih objekata kod praga 30L.

## 6. ZAKLJUČAK

Ovim radom je prikazano jedno od mogućih situacionih i nivelacionih rešenja druge poletno-sletne staze sa svim manevarskim površinama.

Ponuđena rešenja poštuju sve standarde za projektovanje koje propisuju svetske agencije zadužene za avijaciju i aerodrome. Data rešenja predstavljaju solidan balans između optimalne usluge kompleksa sa jedne strane i prihvatljive cene izgradnje sa druge strane.

## Literatura

- [1] Aerodrome design manual – part 1. Runways, ICAO 2006.
- [2] Aerodrome design manual – part 2. Taxiways, Aprons and Holding Bays, ICAO 2006.
- [3] Aerodrome design manual, Annex 14, ICAO 1999.
- [4] Aerodromi (pisana predavanja 1991.), V. Anđus.
- [5] Master plan Aerodroma Beograd 2025., Scott Wilson Kirkpatrick i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2003.

## Referentni internet sajтови

- <http://www.beg.aero>
- <http://www.icao.int>
- <http://www.airbus.com>
- <http://www.geomreze.rgz.gov.rs>



# ISTRAŽIVANJE TRAJNOSTI PARKIRANJA I REPREZENTATIVNIH VOZILA U DOBOJU

**Doc.dr Marko SUBOTIĆ, dipl.ing.saob.**

Saobraćajni fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, msubota@gmail.com

**Bojan PETROVIĆ, dipl.ing.saob.**

Saobraćajni fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, msubota@gmail.com

**Ajla JAKOVAC, dipl.ing.saob.**

Saobraćajni fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, jakovacajla@yahoo.com

Стручни рад

**Rezime:** *Nedostatak prostora za parkiranje je učestala pojava u gradskim centrima, što inicira pojavu problema parkiranja. Predmet ovog rada je utvrđivanje prosečne vrednosti trajnosti parkiranja u centralnoj zoni grada Doboja, sa ciljem utvrđivanja prosečne vrednosti trajnosti na uličnom frontu. Takođe, postojeća parking mesta u gradskoj zoni, često ne mogu da odgovore zahtevima za parkiranjem, pa se posebna pažnja posvećuje i reprezentativnom vozilu, sa ciljem dobijanja adekvatne površine za parkiranje vozila, koja često odstupa od standarda uličnog i vanuličnog parkiranja.*

**Ključne reči:** *parkiranje, trajnost parkiranja, reprezentativna vozila*

## DURABILITY RESEARCH OF PARKING AND THE REPRESENTATIVE VEHICLES IN DOBOJ

**Marko SUBOTIĆ, Ph.D.T.E.**

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of East Sarajevo  
msubota@gmail.com

**Bojan PETROVIĆ, M.Sc.T.E.**

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of East Sarajevo,  
msubota@gmail.com

**Ajla JAKOVAC, M.Sc.T.E.**

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of East Sarajevo,  
jakovacajla@yahoo.com

Professional paper

**Abstract:** *The lack of parking space is becoming a reality in many town centres, which indicates the parking problems. The subject of this piece is to establish an average duration to central zone of the town of Doboju, with an aim of also establishing an approximate duration of the average street parking. Also, the parking spaces already allocated in the town centre, very often fail to fulfil the needs for parking, therefore the special attention is given to the representative vehicle, with a view of gaining adequate parking space, which very often is far from on- street and off-street parking standard.*

**Keywords:** *parking, duration, representative vehicles*

## 1. UVOD

Uticaj automobila na ljudski život je nemerljiv, ali i pored svih pozitivnih stvari zbog kojih je savremenom čoveku život bez automobila nezamisliv, postoje i negativne strane koje direktno utiču na čoveka i prirodu. Tu su pre svih: zagađenje životne sredine, zauzimanje zemljišta usled izgradnje saobraćajne infrastrukture i sl.

Da bi se vozila mogla kretati, potrebno je izgraditi saobraćajnu infrastrukturu. Kada se govori o drumskom saobraćaju, pod saobraćajnom infrastrukturom podrazumevaju se: putevi, mostovi, parkirališta i objekti sličnih namena. Svi ovi elementi saobraćajne infrastrukture zauzimaju velike zemljišne površine.

Nedostatak prostora za parkiranje je učestala pojava u gradskim centrima, što inicira pojavu problema parkiranja. [3] U većim gradovima vožnja do centralnog gradskog područja traje duže, a zbog velike potražnje za parking mestima parkiranje predstavlja problem, jer se manje puta vozi u grad i tom prilikom obavlja više poslova odjednom, (za jedno parkiranje). Kod manjih gradova je obrnuto, vožnja do centralnog gradskog područja traje kraće, a parkiranje je jednostavnije i obavlja se više puta na dan. [5] Na osnovu navedenog potrebno je analizirati optimalnu vrednost trajnosti parkiranja u gradu Doboju, sa predlogom trajnosti parkiranja u gradskoj zoni.

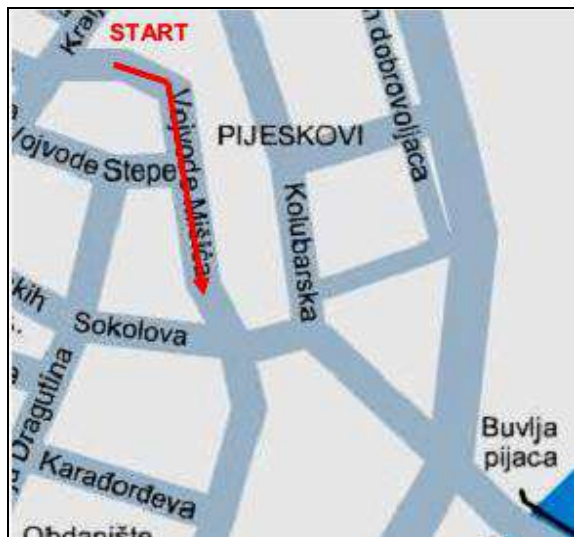
Predmet istraživanja se svodi na utvrđivanje prosečne vrednosti trajnosti parkiranja u centralnoj zoni grada Doboja, sa ciljem utvrđivanja prosečne vrednosti trajanja na uličnom frontu. Takođe, postojeća parking mesta u gradskoj zoni, često ne mogu da odgovore zahtevima za parkiranjem, pa se posebna pažnja posvećuje i reprezentativnom vozilu, sa ciljem dobijanja adekvatne površine za parkiranje vozila, koja često odstupa od standarda uličnog i vanuličnog parkiranja.

Motiv analize nalazi se u trajnosti parkiranja i veličini reprezentativnog vozila u gradskoj zoni, sa ciljem raspoređivanja dobijene trajnosti parkiranja i u skladu sa zakonitošću adekvatne raspodele i utvrđivanje reprezentativnog vozila i standardnog odstupanja od ostalih klasa vozila.

## 2. ODREĐIVANJE TRAJNOSTI PARKIRANJA U GRADU DOBOJU

U cilju utvrđivanja trajnosti parkiranja na uličnim frontovima u gradu Doboju, izvršeno je snimanje zahteva za parkiranjem u periodu od 6 do 20 časova. Istraživanje je vršeno na tri lokacije u ulicama Karađorđeva, Vojvode Mišića i Svetog Save.

Na početku snimanja, krećući se od starta u smeru koji pokazuje strelica izvršen je popis registarskih oznaka svih vozila koja su zatečena na parking mestima, dok su na kraju snimanja evidentirana vozila koja su ostala na parking mestima posle završetka perioda snimanja.

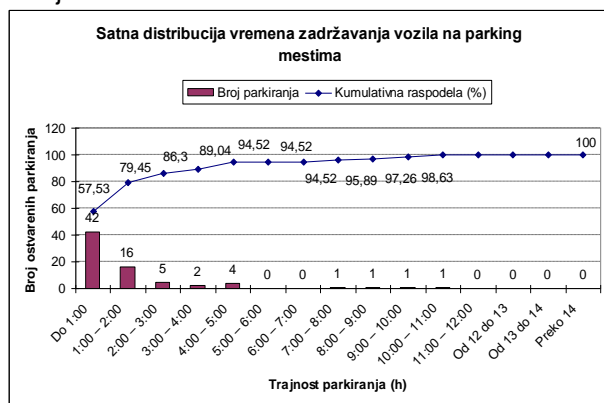


Slika 1. Smer kretanja brojača prilikom snimanja zahteva za parkiranjem

### 2.1. Trajnost parkiranja na uličnim frontovima

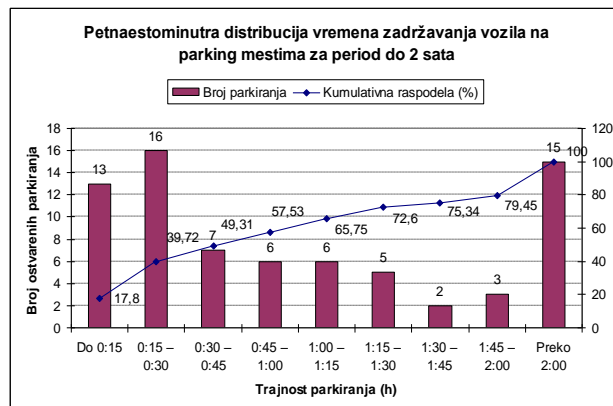
Ulično parkiranje u ulici Vojvode Mišića nalazi se sa desne strane ulice (preko puta zgrade „Boračka“) na potezu od Vojvode Stepe do ulice Solunskih dobrovoljaca. Ovo ulično parkiranje je organizovano pod uglom od 60° u odnosu na osu saobraćajnice. Nalazi se delom na kolovozu, a delom na trotoaru i raspolaže sa 19 parking mesta.

U cilju utvrđivanja raspodele trajnosti parkiranja u ulici Vojvode Mišića izvršena je satna distribucija vremena zadržavanja vozila na parking mestima, razvrstano u 15 klasa. Zabeleženo je ukupno 73 parkiranja. Najveći broj parkiranja je u trajanju do jednog časa (42 parkiranja ili 53,53 %) i od 1 do 2 časa (16 parkiranja odnosno 21,92 %), dok je za ostale vremenske periode broj parkiranja znatno manji.



Slika 2. Distribucija zadržavanja vozila na PM-lok 1

S obzirom da se najveći broj korisnika na parking mestima zadržava do dva sata, zbog boljeg sagledavanja trajnost parkiranja u tom periodu izvršena je i 15–to minutna distribucija vremena zadržavanja vozila na parking mestima razvrstana u 8 klasa od po 15 minuta za period do 2 sata.



Slika 3. 15-minutna distribucija zadržavanja vozila na PM-lok 1

Kao što se može videti i na osnovu apsolutne frekvencije utvrditi, u periodu do dva sata, najveći broj korisnika se na parking mestima zadržava između 15 i 30 minuta (21, 92 %). Srednja trajnost parkiranja u ulici Vojvode Mišića predstavlja odnos između broja sati koje sva vozila parkirana u periodu istraživanja (14 časova) provedu na 19 parking mesta i ukupnog broja parkiranih vozila u periodu istraživanja, za koji se srednja trajnost izračunava:

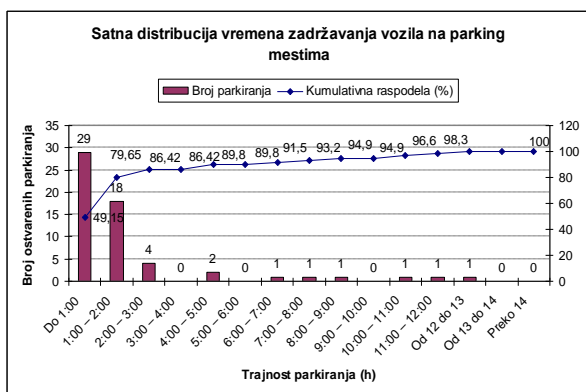
$$\tau = \frac{240 + 285 + 90 + 615 + 60 + \dots + 30}{73} = \frac{7350}{73} = 100,684 \text{ [min]}$$

$$\tau = 1,678 \text{ [h]}$$

Prosečno trajanje parkiranja u ulici Vojvode Mišića iznosi 100,68 minuta.

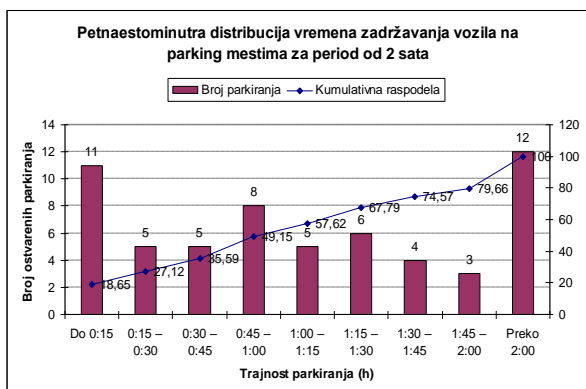
Ulično parkiranje u ulici Karađorđeva nalazi se sa desne strane ulice u produžetku pekare „Aljo“, kretajući se od zgrade „Vatrogasnog“ prema pomenutoj pekari. Ovo ulično parkiranje je organizovano pod uglom od 90° u odnosu na osu saobraćajnice. Čitavom svojom površinom se nalazi na trotoaru i raspolaže sa 13 parking mesta.

U cilju utvrđivanja raspodele trajnosti parkiranja u ulici Karađorđeva izvršena je satna distribucija vremena zadržavanja vozila na parking mestima, razvrstano u 15 klasa. Zabeleženo je ukupno 59 parkiranja. Najveći broj parkiranja je u trajanju do jednog časa (29 parkiranja ili 49,15 %) i od 1 do 2 časa (18 parkiranja odnosno 30,50 %), dok je za ostale vremenske periode broj parkiranja znatno manji.



Slika 4. Distribucija zadržavanja vozila na PM- lok2

S obzirom da se najveći broj korisnika na parking mestima zadržava do dva sata, zbog boljeg sagledavanja trajnost parkiranja u tom periodu izvršena je 15-to minutna distribucija vremena zadržavanja vozila na parking mestima razvrstana u 8 klasa od po 15 minuta za period do 2 sata.



Slika 5. 15-minutna distribucija zadržavanja vozila na PM- lok 2

Kao što se može videti i na osnovu apsolutne frekvencije utvrditi u periodu do dva sata, najveći broj korisnika se na parking mestima zadržava do 15 min (18,65 %).

Srednja trajnost parkiranja u ulici Karađorđeva predstavlja odnos između broja sati koje sva vozila parkirana u periodu istraživanja (14 časova) provedu na 13 mesta za parkiranje i ukupnog broja parkiranih vozila u periodu istraživanja, za koji se srednja trajnost izračunava:

$$\tau = \frac{270 + 60 + 105 + 135 + 720 + \dots + 45}{59} = \frac{7320}{59} = 124,067 \text{ [min]}$$

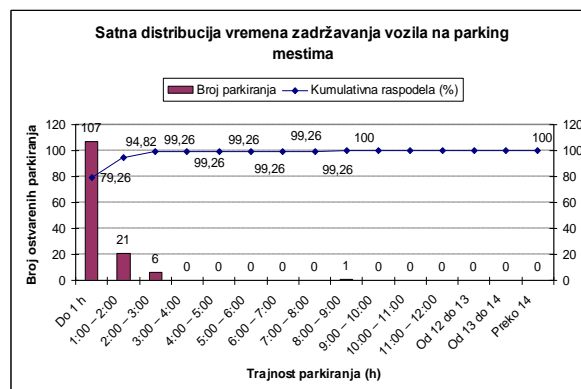
$$\tau = 2,067 \text{ [h]}$$

Prosečno trajanje parkiranja u ulici Karađorđeva iznosi 124,067 minuta.

Ulično parkiranje u ulici Svetog Save nalazi se sa desne strane ulice (preko puta robne kuće „Konzum“) na potezu od Nemanjine ulice do ulice Cara Dušana. Ovo ulično parkiranje je organizovano paralelno sa osom saobraćajnice. Čitavom svojom

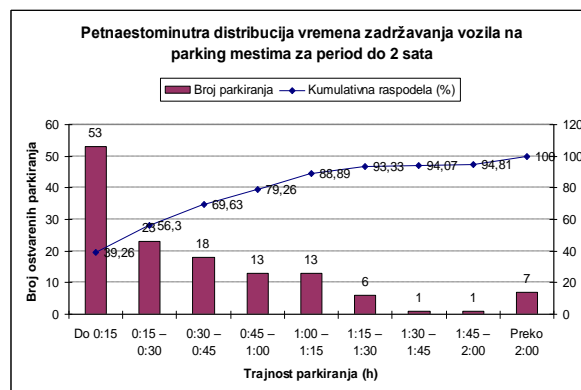
površinom nalazi na kolovozu i raspolaže sa 13 parking mesta.

U cilju utvrđivanja raspodele trajnosti parkiranja u ulici Svetog Save izvršena je satna distribucija vremena zadržavanja vozila na parking mestima, razvrstano u 15 klasa. Zabeleženo je ukupno 135 parkiranja. Najveći broj parkiranja je u trajanju do jednog časa (107 parkiranja ili 79,26 %) i od 1 do 2 časa (21 parkiranja ili 15,56 %), dok je za ostale vremenske periode broj parkiranja znatno manji.



Slika 6. Distribucija zadržavanja vozila na PM- lok3

S obzirom da se najveći broj korisnika na parking mestima zadržava do dva sata, zbog boljeg sagledavanja trajnost parkiranja u tom periodu izvršena je 15-to minutna distribucija vremena zadržavanja vozila na parking mestima razvrstana u 8 klasa od po 15 minuta za period do 2 sata.



Slika 7. 15-minutna distribucija zadržavanja vozila na PM- lok 3

Kao što se može videti i na osnovu apsolutne frekvencije utvrditi u periodu do dva sata, najveći broj korisnika se na parking mestima zadržava do 15 min (36,26 %).

Srednja trajnost parkiranja u ulici Svetog Save predstavlja odnos između broja sati koje sva vozila parkirana u periodu istraživanja (14 časova) provedu na 13 mesta za parkiranje i ukupnog broja parkiranih vozila u periodu istraživanja, za koji se srednja trajnost izračunava:

$$\tau = \frac{90 + 30 + 45 + 45 + 45 + \dots + 15}{135} = \frac{6270}{135} = 46,44 \text{ [min]}$$

$$\tau = 0,77 \text{ [h]}$$

Prosečno trajanje parkiranja u ulici Sveti Sava iznosi 46,44 minuta.

### 3. PREDLOG DIMENZIONISANJA PARKING MESTA U DOBOJU

Prilikom istraživanja trajnosti parkiranja na odabranim parkiralištima u brojčane obrasce su upisivane marke i tip vozila, da bi se uočilo koje vozilo se najviše pojavljuje na parking mestima [1]. Vozilo koje je ostvarilo najviše parkiranja na istraživanim uličnim frontovima je uzeto kao merodavno prilikom dimenzionisanja parking mesta.

Od 267 vozila parkiranih na tri ulična fronta u ulicama Vojvode Mišića, Karađorđeva i Svetog Save, najviše parkiranja je ostvario Golf Mk2 (11 parkiranja), zatim slede Astra (9 parkiranja), Golf Mk4 (8 parkiranja) itd.

Tabela 1. Vozila sa najviše ostvarenih parkiranja

Model	Broj parkiranja
Golf Mk2	11
Astra	9
Golf Mk4	8
Megane	8
Focus	8
Passat 5	6
Golf Mk5	6
Touran	6
Corsa	6
A4	6
Ostala vozila	193
Ukupno	267

S obzirom da je Golf Mk2 ostvario najviše parkiranja na istraživanim uličnim frontovima, ovo vozilo je uzeto kao merodavno prilikom dimenzionisanja parking mesta.

#### 3.1. Određivanje površine za parkiranje vozila primenom MICROSOFT OFFICE ACCESS programa

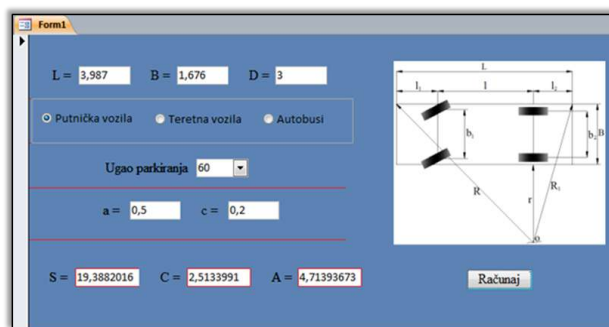
Da bi se projektovalo neko parking mjesto potrebno je izvršiti niz proračuna za koje se sprovodi data analiza. Prilikom tih proračuna može doći i do nenamernih grešaka [6].

Da bi se smanjila verovatnoća nastanka grešaka prilikom proračuna pribegava se upotrebi računarske tehnike koja će sav proračun obaviti umesto čoveka. [2,4] Jedini čovekov zadatak je da unese podatke, a računar će nam sam dati potrebne rezultate. Postoji veliki broj programskih paketa koji bi mogli obaviti ovaj zadatak. Jedan od njih je Microsoft Office Access [6].

Parkiranje u ulici Vojvode Mišića je organizovano pod uglom od 60° u odnosu od ose saobraćajnice.

Parkiranje nije u potpunosti tehnički regulisano, odnosno delimično je izvršeno tehničko regulisanje parkiranja. Parking mesta su obeležena horizontalnom saobraćajnom signalizacijom dok vertikalna signalizacija nedostaje. Širina parking mesta iznosi 2,4 m, a dužina 3,8 m, dok je širina prolaza jednaka širini saobraćajne trake i iznosi 3,0 m (podaci dobijeni merenjem na terenu).

Na narednoj slici prikazani su rezultati proračuna urađenog u Microsoft Office Access programu za ugao parkiranja od 60°. Za merodavno vozilo uzeto je vozilo Volkswagen Golf Mk2, dužine L=3,987 m i širine B=1,676 m, dok je širina prolaza jednaka širini saobraćajne trake i iznosi D=3,0 m (podaci dobijeni merenjem na terenu).



Slika 8. Rezultati proračuna za ugao parkiranja  $\alpha = 60^\circ$

Kao što se vidi sa slike, za merodavno vozilo Volkswagen Golf Mk2 i poznatu širinu prolaza (D=3 m), proračunom urađenim u Microsoft Office Access programu, dobijene su vrednosti: površina za parkiranje vozila S=19,38 m<sup>2</sup>/voz, širina parking mesta iznosi C=2,51 m, a dužina A=4,71 m.

Poređenjem stvarnih vrednosti dobijenih merenjem na terenu sa izračunatim vrednostima, može se zaključiti, da ova ulična mesta za parkiranje nisu dobro dimenzionisana, s obzirom da su stvarne vrednosti širine, a naročito dužine parking mesta znatno manje od izračunatih vrednosti.

Parkiranje u ulici Karađorđeva organizovano je pod uglom od 90° u odnosu na osu saobraćajnice. Parkiranje nije u potpunosti tehnički regulisano, odnosno delimično je izvršeno tehničko regulisanje parkiranja. Parking mesta su obeležena horizontalnom saobraćajnom signalizacijom dok vertikalna signalizacija nedostaje. Širina parking mesta iznosi 2,4 m, a dužina 4,5 m dok širina prolaza iznosi 3,2 m (podaci dobijeni merenjem na terenu).

Na narednoj slici prikazani su rezultati proračuna urađenog u Microsoft Office Access programu za ugao parkiranja od  $90^\circ$ . Za merodavno vozilo uzeto je vozilo Volkswagen Golf Mk2, dužine  $L=3,987$  m i širine  $B=1,676$  m, dok je širina prolaza jednaka širini saobraćajne trake i iznosi  $D=3,2$  m (podaci dobijeni merenjem na terenu).

Slika 9. Rezultati proračuna za ugao parkiranja  $\alpha = 90^\circ$

Kao što se može videti sa slike za merodavno vozilo Volkswagen Golf Mk2 i poznatu širinu prolaza ( $D=3,2$  m), proračunom urađenim u Microsoft Office Access programu, dobijene su vrednosti: površina za parkiranje vozila  $S=16,07$  m<sup>2</sup>/voz, širina parking mesta iznosi  $C=2,17$  m, a dužina  $A=4,18$  m.

Ako se izračunate vrednosti uporede sa vrednostima dobijenim merenjem na terenu, može se zaključiti da su ova ulična mesta za parkiranje dobro dimenzionisana sa stanovišta merodavnog vozila.

Parkiranje u ulici Svetog Save je organizovano paralelno sa osom saobraćajnice. Parkiranje je tehnički regulisano (parking mesta su obeležena horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom). Širina parking mesta iznosi 2,65 m, a dužina 5,35 m dok širina prolaza iznosi 3,2 m (podaci dobijeni merenjem na terenu).

Na narednoj slici prikazani su rezultati proračuna urađenog u Microsoft Office Access programu za ugao parkiranja od  $0^\circ$ . Za merodavno vozilo uzeto je vozilo Volkswagen Golf Mk2, dužine  $L=3,987$  m i širine  $B=1,676$  m, dok je širina prolaza jednaka širini saobraćajne trake i iznosi  $D=3,2$  m (podaci dobijeni merenjem na terenu).

Slika 10. Rezultati proračuna za ugao parkiranja  $\alpha = 0^\circ$

Kao što se vidi sa slike, za merodavno vozilo Volkswagen Golf Mk2 i poznatu širinu prolaza ( $D=3,2$  m), proračunom urađenim u Microsoft Office Access programu, dobijene su vrednosti: površina za parkiranje vozila  $S=22,50$  m<sup>2</sup>/voz, širina parking mesta iznosi  $C=2,17$  m, a dužina  $A=4,18$  m.

Ako se izračunate vrednosti uporede sa vrednostima dobijenim merenjem na terenu, može se zaključiti da su ova ulična mesta za parkiranje dobro dimenzionisana sa stanovišta merodavnog vozila. Takođe, uočljivo je da dimezionisanje parking mesta od slučaja do slučaja odstupa od JUS standarda.

#### 4. ZAKLJUČAK

Problem parkiranja nastaje kada su zahtevi za parkiranjem veći od raspoloživog kapaciteta. Da bi se rešio problem parkiranje potrebno je posebnu pažnju obratiti na prostorno uređenje i regulaciju prostornog plana grada. Kada se govori o prostornom uređenju, tu se pre svega misli na tehničko regulisanje parking mesta na uličnim frontovima i vanuličnim parkiralištima kao i obezbeđenje dovoljnog broja parking mesta, naročito u zonama visokog stepena atraktivnosti.

Osnovni cilj je da se sagleda i izvrši analiza trajnosti parkiranja i reprezentativnih vozila na odabranim uličnim frontovima u gradu Doboju. Istraživanje je vršeno na tri lokacije u ulicama Vojvode Mišića, Karađorđeva i Svetog Save. Maksimalno dobijena trajnost parkiranja od 720 minuta po jednom korisniku, evidentirana je u ulici Karađorđeva, dok je minimalna trajnost od 15 minuta po jednom korisniku zabeležena na sve tri istraživane lokacije.

Prosečno vreme zadržavanja korisnika na parking mestu u ulici Karađorđeva iznosi 124,06 minuta, u ulici Vojvode Mišića to vreme iznosi 100,68 minuta dok je u ulici Svetog Save ovo vreme najkraće i iznosi 46,44 minute. Ovakva raspodela vremenskih intervala trajnosti je bila i očekivana s obzirom da se u ulici Svetog Save sprovodi režim regulisnja trajanja parkiranja (režim bez vremenskog ograničenja sa naplatom parkiranja).

Proračun površine za parkiranje vozila, dužine i širina parking mesta vršen je pomoću Microsoft Office Access programa.

Dakle, od tri lokacije na kojima je sprovedeno istraživanje, na dve lokacije su parking mesta dobro dimenzionisana sa stanovišta merodavnog vozila, dok je u ulici Vojvode Mišića potrebno pristupiti ponovnom dimezionisanju parking mesta.

Tehničko regulisanje parkiranja je izvršeno samo na uličnom frontu u ulici Svetog Save, na uličnim frontovima u ulicama Vojvode Mišića i Karađorđeva delimično je izvršeno tehničko regulisanje parkiranja. Postoje znakovi horizontalne saobraćajne signalizacije, dok znakovi vertikalne signalizacije nedostaju, te je iste potrebno postaviti.

Za pravce daljeg istraživanja potrebno je i na ostalim uličnim frontovima i vanuličnim parkiralištima u gradu ispitati trajnost i ostale karakteristike parkiranja. Na osnovu trajnosti parkiranja vozila u gradskoj zoni, moguće je saobraćajno–ekonomskim analizama dobiti i optimalnu cenu parkiranja, izvršiti zoniranja u zavisnosti od trajanja parkiranja, izdvojiti delove koji nisu podobni za privremeno stacioniranje vozila i sl.

S obzirom da u Doboju postojeća parking mesta u gradskoj zoni, često ne mogu da odgovore zahtevima za parkiranjem, kao što je bio slučaj sa uličnim frontom u ulici Vojvode Mišića, posebnu pažnju treba posvetiti reprezentativnom vozilu, sa ciljem dobijanja adekvatne površine za parkiranje vozila, koja često odstupa od standarda uličnog i vanuličnog parkiranja. Na osnovu toga potrebno je izvršiti ponovno dimenzionisanje parking mesta prema merodavnom vozilu na svim uličnim frontovima i vanuličnim parkiralištima u gradu.

## LITERATURA

- [1] Brčić D., Šošćarić M. (2012). Parkiranje i garaže, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- [2] McFedries P. (2005). VBA za početnike, Kompjuter biblioteka Beogradu, Beograd.
- [3] Milosavljević N. (2010). Parkiranje, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- [4] Prague C., Irwin M., Reardon J. (2005). Access 2003 Biblija, Mikro knjiga, Beograd.
- [5] Putnik N. (2007) Autobaze i autostanice, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- [6] Vujičić, M., Marković, S., Živković, D. (2010). Određivanje optimalne površine parking mesta primenom programskog paketa Microsoft Office Access-a, u Marković, Sanja i Živković, Dejan (izdavači), *Tehnika i informatika u obrazovanju*, Tehnički fakultet Čačak, Čačak, str. 391-394.

# УТИЦАЈ БРОЈАЧКОГ ДИСПЛЕЈА НА ПОНАШАЊЕ ПЕШАКА НА ДВОСМЕРНИМ ПУТЕВИМА У УРБАНИМ СРЕДИНАМА СА АСПЕКТА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА

**др Бојан Марић, дипл.инж.саоб.**

Саобраћајни факултет Добој, bojomaric@yahoo.com

**др Крсто Липовац, дипл.инж.саоб.**

Саобраћајни факултет у Београду, k.lipovac@gmail.com

**др Милан Вујанић, дипл.инж.саоб.**

Саобраћајни факултет у Београду, vujanic@mail.com

**др Миладин Нешић, дипл.инж.саоб.**

Криминалистичко полицијска академија, miladinnesic@gmail.com

Стручни рад

**Резиме:** У раду су истраживани проблеми безбедности пешака код различитих врста пешачких прелаза, а посебно понашање пешака у различитим условима, учесталост грешака и прекршаја пешака, у зависности од врсте посматраног пешачког прелаза са и без бројачког дисплеја за пешаке. Када је у питању безбедност пешака на различитим пешачким прелазима, са посебним освртом на присуство бројачког дисплеја за пешаке, још увек постоје одређене недоумице о томе колико и како бројачки дисплеји утичу на понашање пешака на обележеним пешачким прелазима, у односу на традиционалне семафоре. У складу са тим, истражено је да ли бројачки дисплеји за пешаке смањују број пешака прекршилаца и да ли мењају расподелу недозвољених прелазака, у току трајања црвеног сигнала за пешаке.

**Кључне речи:** пешак, понашање, пешачки прелаз, бројачки дисплеј.

## INFLUENCE OF COUNTDOWN DISPLAY ON PEDESTRIAN BEHAVIOUR ON THE TWO-WAY ROADS IN URBAN AREAS FROM THE ASPECT OF ROAD SAFETY

**Bojan Marić, Ph.D.T.E.**

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of East Sarajevo, bojomaric@yahoo.com

**Krsto Lipovac, Ph.D.T.E.**

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

**Milan Vujančić, Ph.D.T.E.**

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University Belgrade, vujanic@mail.com

**Miladin Nešić, Ph.D.T.E.**

Criminalistics and Police Academy, Belgrade, miladinnesic@gmail.com

Professional paper

**Abstract:** The paper investigates pedestrian traffic safety problems in different types of pedestrian crossings, especially behaviour of pedestrians in different conditions, the frequency of errors and violations by pedestrians depending on type of the

observed pedestrian crossing with or without countdown display for pedestrians. When it comes to pedestrian safety on different pedestrian crossings, with special emphasis on the presence of the count-display for pedestrians, there are still some concerns about how much these, or do they at all, influence the behaviour of pedestrians at marked pedestrian crossings, as compared to traditional traffic lights. Accordingly, it has been examined whether countdown displays for pedestrians reduce the number of pedestrian offenders and whether they change the distribution of illegal crossings during red signal for pedestrians.

**Keywords:** Pedestrian, Behaviour, Pedestrian crossing, Countdown display.

### 1. УВОД

Са аспекта безбедности пешака у саобраћају не постоји јединствен модел за избор и уређење оптималне врсте пешачког прелаза на путевима у урбаним срединама. Када је у питању безбедност пешака на различитим пешачким прелазима, са посебним освртом на присуство бројачког дисплеја за пешаке, још увек постоје одређене недоумице о томе колико стварно бројачки дисплеји и да ли уопште, утичу на понашање пешака на обележеним пешачким прелазима, у односу на традиционалне семафоре. У складу са тим, веома значајно је истражити да ли бројачки дисплеји за пешаке смањују број пешака прекршилаца и да ли мењају расподелу недозвољених прелазака, у току трајања црвеног сигнала за пешаке.

Статистички значајно повећање прелазака током црвеног сигнала за пешаке (заштитно време) установили су у својим истраживањима Markowitz et al., 2006; Huang and Zegeer, 2000; Botha et al., 2002). Ово је посебно изражено тамо где је дуго стандардно заштитно време за прелазак пешака, тј. период када је на снази црвено светло за све токове саобраћаја на раскрсници. У том случају пешаци су уверени да имају на располагању сасвим довољно времена да заврше свој прелазак преко коловоза. Поред тога, бројачи за пешаке могу и на возаче имати негативан ефекат. На пример, уколико возачи виде дисплеј бројача за пешаке, могу кренути пре зеленог светла за возила или убрзати у последњим тренуцима да изађу из раскрснице пре промене светлосног сигнала, приликом чега би могло доћи до конфликта са пешацима. Важне студије о ефекту дисплеја са бројачем на понашање пешака спроведене су у Сједињеним Америчким Државама, али на малом броју локација. Ова истраживања углавном су се заснивала на три метода:

- упоредној анализи резултата добијених пре и након постављања бројачког дисплеја на истим пешачким прелазима (студија поређења),
- упоредној анализи података добијених за различите пешачке прелазе (са стандардним семафорима и са бројачким дисплејима за пешаке), и
- комбинацији претходна два метода (комбинована студија).

Због чињенице да су пешаци високо угрожена категорија учесника у саобраћају, мере и акције у циљу смањења броја и последица саобраћајних незгода са пешацима морају бити приоритет на свим нивоима управљања безбедношћу саобраћаја. У том смислу, потребно је непрекидно деловати у два правца:

- прилагодити окружење (саобраћајну инфраструктуру) пешацима кроз предузимање саобраћајно-техничких мера и
- прилагодити пешаке окружењу тако што ће се унапређивати њихово знање, вештине, навике, ставови и понашање у саобраћају. Ово се може постићи кроз образовање, васпитање, оспособљавање, обуку, стручно усавшавање, кампање, односно добро планираном и друштвено подржаном принудом.

Све претходно наведено указује на чињеницу да поред уређења пешачких прелазаци у функцији безбедности саобраћаја, постоји потреба за свеобухватним, интегралним и усаглашеним активностима у оба правца.

Према томе, резултати овог рада представљају смернице за правилан избор и опремање пешачких прелазаци у урбаним срединама са аспекта безбедности саобраћаја.

## 2. МЕТОД РАДА

Целокупно истраживање је подељено у три фазе. Прва фаза истраживања се састојала од прегледа и анализе релевантне литературе и у овој фази уочена је стварна потреба за истраживањем понашања пешака на семафорисаним пешачким прелазима са посебним освртом на утицај бројачког дисплеја на њихово понашање. У складу са тим, у другој фази истраживања приступило се практичном методу, који је подразумевао снимање на терену, израду специфичних радних листова за формирање „мини“ база података, прегледање снимљеног видео материјала, прикупљање и анализу података. У трећој фази, дата је синтеза и тумачење добијених резултата, као и приказ најважнијих закључних разматрања.

### 2.1. Време и место истраживања

У раду су спроведена четири практична истраживања у градовима: Добој, Бањалука и Београд. Посматрани су пешачки прелаци на двосмерним улицама са и без бројачког дисплеја (двотрачни, вишетрачни, са и без разделног острва). На свим одабраним прелазима вршено је истовремено снимање у два термина, и то преподне и послеподне у периоду од два до десет дана. Снимање је вршено помоћу камера које су постављене тако да се на снимку јасно може видети светло на семафору, стање на дисплеју (тамо где има дисплеј), коловоз-прилаз обележеном пешачком прелазу (ОПП) у довољној дужини, а све са циљем да би се накнадним пажљивим прегледањем могла уочити значајна обележја. Притом, пешаци нису могли видети постављене камере.

### 2.2. Метод

Унапред је прецизно дефинисан план снимања и начин вођења евиденције важних обележја саобраћајних ситуација. Видео снимци и остали прикупљени подаци су накнадно, детаљно анализирани у просторији. Први корак био је да се изради свеобухватна база података за сваку од анализираних врста пешачких прелазаци, из којих би се касније користили расположиви подаци за детаљне статистичке анализе.

С обзиром на то, у оквиру ове базе практично су се налазиле четири „мини базе“ (прекршиоци, поштоваоци који су дошли током црвеног сигнала за пешаке, поштоваоци који су дошли током зеленог сигнала за пешаке и проток возила) у које су се уписивала потребна обележја.

С обзиром на претходно описано, током прегледања снимљеног видео материјала евидентирани су следећи показатељи: време наиласка пешака и време чекања до појаве зеленог светла, тачан тренутак преласка пешака на црвени сигнал, прелазак у групи и самосталан прелазак, пол пешака, процењена старост пешака.

Сва наведена обележја систематизована су у ексел-ове „мини базе“, а затим је извршена статистичка анализа узорка. Сви добијени резултати у истраживању представљени су помоћу директне и упоредне анализе хистограма, а њихова статистичка значајност испитана је путем научних метода  $Z$  и  $\chi^2$ - теста.

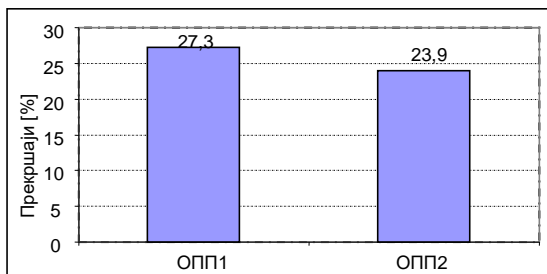
### 3. РЕЗУЛТАТИ

#### 3.1. Двотрачни коловоз (поређење)

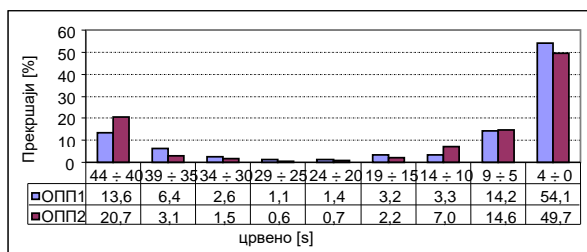
Посматрана су два по свему слична пешачка прелаза у центру града Добоја у Републици Српској, (Lipovac et al., 2013a; Марић, 2016). На првом прелазу ОПП1 није био постављен бројачки дисплеј за пешаке, док је други прелаз ОПП2 био опремљен са дисплејом. Посматрани узорак пешака на прелазу ОПП1 износио је 9.018, а на прелазу ОПП2 12.292 пешака. Статистичком анализом (путем Z-теста) броја прекршилаца у односу на укупан број пристиглих пешака током црвеног светла за пешаке, добијено је

$$Z=4,72 > Z_{\alpha=0,01}=2,32. \quad (1)$$

Овај резултат говори да је проценат пешака који прелазе на црвено (прекршиоци) статистички значајно већи на прелазу без дисплеја (27,3%), у односу на прелаз са њим (23,9%), ( $p < 0,01$ ), (Слика 1.). Истраживана је дистрибуција прекршаја током црвеног светла, тј. у ком периоду трајања црвеног светла пешаци чешће прелазе коловоз. У том смислу је период црвеног светла подељен на сегменте и анализиран проценат пешака који прелазе у појединим интервалима, у односу на укупан број прелазака у време црвеног светла (Слика 2.).



Слика 1. Број прекршаја у односу на укупан број прекршаја



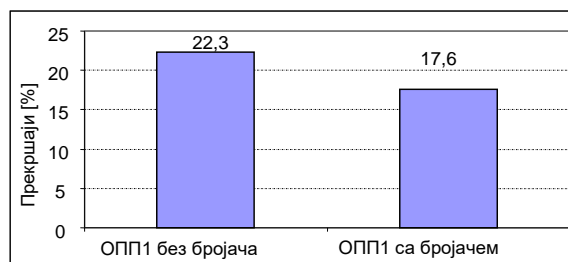
Слика 2. Расподела прекршаја током црвеног сигнала за пешаке

#### 3.2. Двотрачни коловоз (пре-после)

У другом истраживању у истом граду (Добој, Република Српска) посматрана су два по геометријским карактеристикама слична пешачка прелаза, али на различитим локацијама (ужи и шири центар) и са различитим протоком возила (Lipovac et al., 2013b, Марић, 2016). У истраживању је обухваћен 5.961 пешак на првом прелазу (ОПП1) без дисплеја и 5.051 пешак након постављања дисплеја на истом прелазу. На прелазу ОПП2 који се налазио у ширем центру града, пре постављања дисплеја снимљено је 4.575 пешака, а након постављања дисплеја узорак је обухватио 4.690 пешака. Резултати статистичке анализе показали су да је

$$Z=4,33 > Z_{\alpha=0,01}=2,32. \quad (2)$$

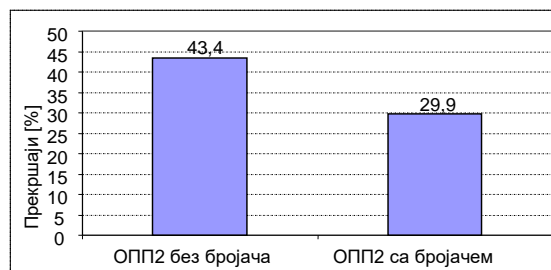
Стога се може закључити да је проценат пешака који прелазе на црвено (у односу на укупан број пристиглих пешака током црвеног светла) статистички значајно већи на ОПП1 без бројачког дисплеја, у односу на ОПП1 са њим ( $p < 0,01$ ), (Слика 3).



Слика 3. Број прекршаја у односу на укупан број прекршаја на прелазу ОПП1

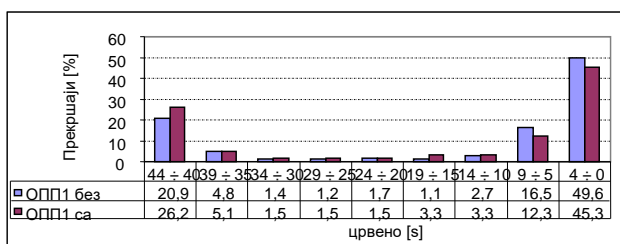
Статистичком анализом добијен је резултат  $Z=10,1 > Z_{\alpha=0,001}=3,09$  (3)

који показује да статистички значајно више пешака прелази на црвено светло (у односу на укупан број пристиглих пешака током црвеног светла), када на њему нема бројачког дисплеја ( $p < 0,001$ ), (Слика 4).



Слика 4. Број прекршаја у односу на укупан број прекршаја на прелазу ОПП2

На слици 5. је приказано поређење броја и распореда прекршаја по интервалима црвеног светла, пре и после постављања бројачког дисплеја за пешаке.



Слика 5. Распореда прекршаја

У интервалу 44÷40s црвеног светла, статистички је значајно већи број прекршилаца на прелазу ОПП1 са бројачким дисплејем (26,2%), него на истом прелазу без бројачког дисплеја за пешаке (20,9%),  $Z=2,51 > Z_{\alpha=0,01}=2,32; p < 0,01$ . (4)

У интервалу 39÷5s трајања црвеног светла за пешаке нема статистички значајне разлике између броја прекршилаца на прелазу ОПП1 без (29,5%), у односу на исти прелаз са бројачким дисплејем (28,5%),

$$Z=0,43 < Z_{\alpha=0,05}=1,64; p < 0,05. \quad (5)$$

Резултат анализе за последње 4s трајања црвеног светла на прелазу ОПП1 показао је да је статистички значајно већи број прекршилаца пре (49,6%), него након (45,3%) уградње бројачког дисплеја за пешаке (Слика 5.)

$$Z=1,72 < Z_{\alpha=0,05}=1,64; p < 0,05. \quad (6)$$

Даље су анализирани значајни интервали црвеног светла за пешаке на прелазу ОПП2, тј. посматрана су три значајна интервала црвеног светла (32÷28s, 27÷5s 4÷0s). У интервалу 32÷28s црвеног светла на прелазу ОПП2, статистички је значајно већи број прекршилаца на прелазу ОПП2 са бројачким дисплејем (20,6%), него на истом прелазу без бројачког дисплеја за пешаке (15,3%),

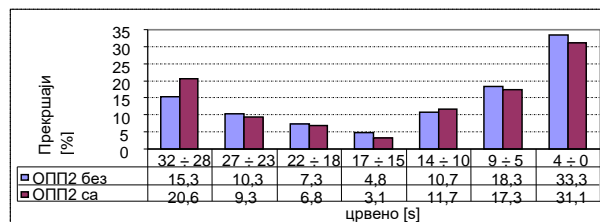
$$Z=-3,02 < Z_{\alpha=0,01}=-2,32; p < 0,01. \quad (7)$$

У интервалу 27÷5s трајања црвеног светла за пешаке нема статистички значајне разлике између броја прекршилаца на прелазу ОПП2 без (51,4%), у односу на исти прелаз (48,3%) са бројачким дисплејем,

$$Z=-1,33 > Z_{\alpha=0,05}=1,64; p < 0,05. \quad (8)$$

Резултат анализе прекршаја током последње 4s трајања црвеног светла на прелазу ОПП2, показао је да не постоји статистички значајна разлика између броја прекршилаца пре (33,3%) и после (31,1%) уградње бројачког дисплеја за пешаке, (Слика 6.)

$$Z=1,03 < Z_{\alpha=0,05}=1,64; p < 0,05. \quad (9)$$

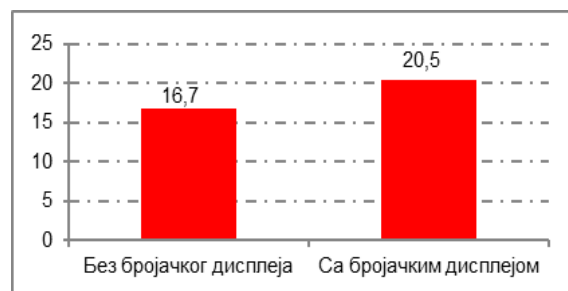


Слика 6. Распореда прекршаја

### 3.3. Вишестрачни коловоз без разделног острва (пре-после)

У трећем истраживању поређена су два пешачка прелаза пре и после постављања бројачког дисплеја за пешаке (Марић, 2016). Оба посматрана пешачка прелаза налазила су се у ужем центру града Бањалука у Републици Српској. На прелазу ОПП1 обухваћен је узорак од 4.824 пешака када није био постављен дисплеј и 3.715 пешака у ситуацији са дисплејем. На прелазу ОПП2 у ситуацији пре снимљено је укупно 2.250 пешака, а након постављања дисплеја 3.322 пешака. Како би се оценио утицај бројачког дисплеја на понашање пешака приликом преласка коловоза, прво је анализиран укупан број пешака који су стигли током црвеног светла на прелаз ОПП1 без дисплеја, а затим упоређен са истом величином у случају када је на исти прелаз постављен бројачки дисплеј (Слика 7). Добијени резултати показали су да је статистички значајно већи број прекршилаца на прелазу био у случају са постављеним бројачким дисплејем (20,5%) према 16,7% у случају када дисплеј није постављен,

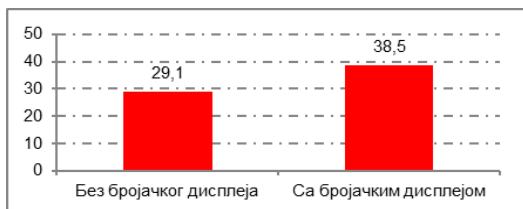
$$Z = 4,1; p < 0,001. \quad (10)$$



Слика 7. Процент прекршаја у односу на укупан број прекршаја на прелазу ОПП1

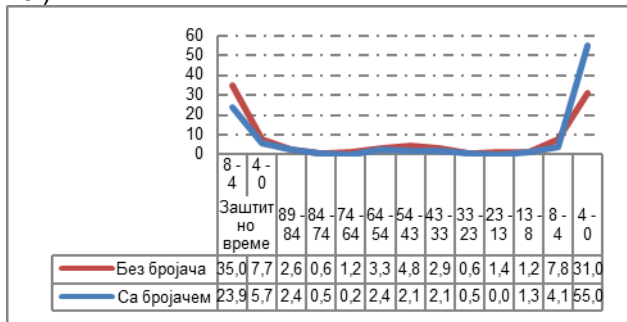
На исти начин анализиран је прелаз ОПП2, где је такође статистички значајно већи број пешака прелазило на црвено светло уз присуство дисплеја (38,5%), него у ситуацији када нема дисплеја (29,1%), (Слика 8.)

$$Z = 6,3; p < 0,001. \quad (11)$$

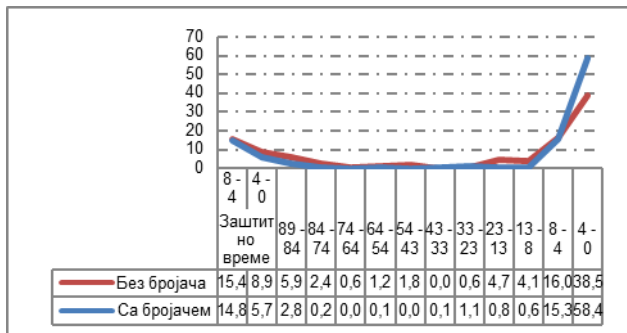


Слика 8. Процент прекршаја у односу на укупан број прекршаја на прелазу ОПП2

Даље је анализирана расподела укупног броја прекршаја пешака током црвеног сигнала за пешаке. У ту сврху период трајања црвеног и жутог сигнала за пешаке подељен је на одређени број интервала и посматрани и анализирани су преласци пешака током истих. Тако је у оба случаја, тј, на оба посматрана прелаз (ОПП1 и ОПП2) добијено да нема статистички значајне разлике у дистрибуцији укупног броја прекршаја пре и после постављања бројачког дисплеја. Међутим, за разлику од укупне дистрибуције, резултати о броју прекршаја по појединим интервалима црвеног и жутог за пешаке (посебно у почетним и крајњим) пре и после постављања дисплеја дају нешто другачију слику (Слика 9. и 10.)



Слика 9. Расподела прекршаја на прелазу ОПП1



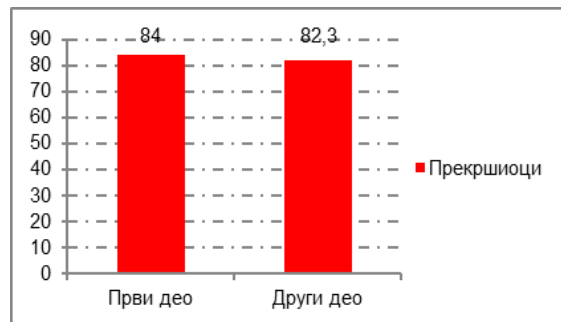
Слика 10. Расподела прекршаја на прелазу ОПП2

На графицима се види да постоји разлика у укупном броју прекршаја по интервалима одређеног сигнала за пешаке, без обзира што укупна дистрибуција прекршаја наводи на другачији закључак.

### 3.4. Вишетрачни коловоз са разделним острвом (поређење)

У четвртном истраживању поређена су два пешачка прелаз са разделним острвом у Београду (Србија) и то, први (ОПП1) без бројачког дисплеја са знатно дужијим трајањем црвеног сигнала за пешаке, у односу на други (ОПП2) прелаз без дисплеја, (Марић, 2016). На првом делу прелаз ОПП1 снимљено је понашање 672 пешака, а на другом делу 548 пешака. На прелазу са бројачким дисплејем (ОПП2) обухваћено је 450 на првом и 228 пешака на другом делу истог прелаз. Овде треба напоменути да се узорак односи само на пешаке који су стигли на први или други део прелаз током црвеног сигнала за пешаке.

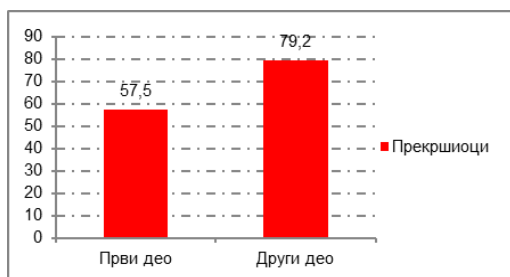
У складу са постављеним циљем у овом делу истраживања, прво је анализиран број прекршилаца (пешаци који су прешли коловоз током црвеног светла), у односу на укупан број пристиглих пешака током црвеног светла на пешачком прелазу без бројачког дисплеја за пешаке (ОПП1). Добијени резултати су показали да се у овом случају број прекршилаца на првом, у односу на други део прелаз не разликује статистички значајно (Слика 11).



Слика 11. Процент прекршаја у односу на укупан број прекршаја на прелазу ОПП1

Насупрот томе, када је у питању пешачки прелаз са бројачким дисплејем за пешаке (ОПП2), број прекршилаца у односу на укупан број пристиглих пешака током црвеног светла је статистички значајно мањи на првом (58,7%), у односу на други део прелаз (78,1%), (Слика 12.)

$$Z = 5,01; p < 0,001. \quad (12)$$

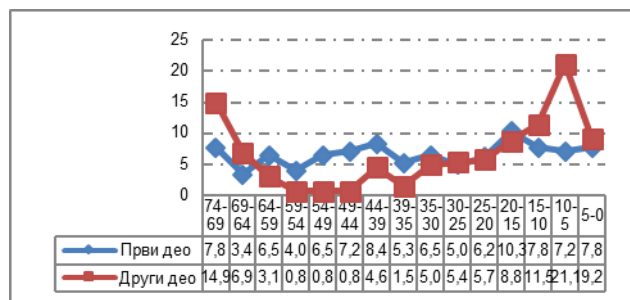


Слика 12. Процент прекршаја у односу на укупан број прекршаја на прелазу ОПП2

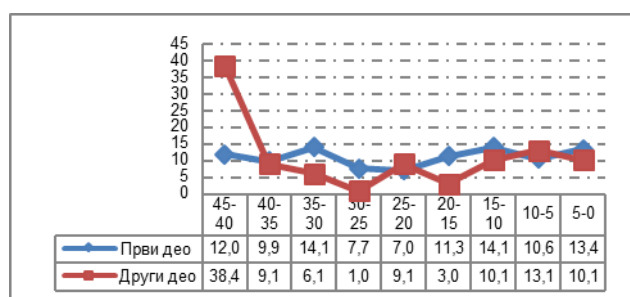
Поред укупног понашања пешака приликом преласка прве и друге деонице пешачких прелаза, од великог је значаја анализирати дистрибуцију прекршаја током трајања црвеног светла за пешаке.

У складу са тим, време трајања црвеног светла за пешаке је на оба прелаза подељено на једнаке временске интервале.

Овакав приступ, тј. бележење значајних обележја по интервалима црвеног светла за пешаке, омогућио је анализу понашања пешака током истих (Слика 13. и 14.).



Слика 13. Распореда прекршаја на прелазу без бројачког дисплеја (ОПП1)



Слика 14. Распореда прекршаја на прелазу са бројачким дисплејом (ОПП2)

Дијаграми на сликама јасно указују на то да се број прекршаја по интервалима црвеног светла за пешаке разликује негде мање, а негде више.

### 3. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

#### 3.1. Двотрачни коловоз

Добијени резултати показали су да постоје статистички значајне разлике у понашању пешака (прелазак током црвеног светла) на сличним (по геометрији, интензитету саобраћаја и локацији) пешачким прелазима у зависности од присуства дисплеја са бројачем за пешаке.

Укупан број прекршилаца статистички је значајно мањи на пешачком прелазу са дисплејом, у односу на прелаз без бројачког дисплеја за пешаке (23.9% према 27.3%).

Посебно значајан резултат овог истраживања је утицај дисплеја са бројачем на понашање пешака током различитих интервала трајања црвеног светла.

Утврђено је да бројачки дисплеј нема исти ефекат на пешаке у свим интервалима трајања црвеног светла. У складу са тим анализирана су понашања пешака током три различита интервала (44÷40s, 39÷5s, 4÷0s) црвеног светла.

Током прве 4 секунде статистички је значајно већи број прекршилаца на ОПП са бројачем. У средишњем интервалу није било статистички значајне разлике у броју прекршилаца у зависности од прелаза, док је у последње четири секунде трајања црвеног светла, број прекршилаца био статистички значајно мањи на прелазу са бројачким дисплејом за пешаке.

Добијени резултати потврдили су да постављање бројачких дисплеја у овом случају позитивно утиче на укупно понашање пешака приликом преласка коловоза (Lambrianidou, 2012; Kennedy, J. and Sexton, B., 2009), без обзира на непосредно окружење и интензитет саобраћаја.

Бројачки дисплеј статистички је значајано утицао на расподелу укупног броја прекршаја пешака током црвеног светла за пешаке, без обзира на окружење (локација и интензитет саобраћаја).

#### 3.2. Вишестрачни коловоз без разделног острва

На оба посматрана пешачка прелаза са четири саобраћајне траке статистички је значајно већи укупан број прекршилаца (сви они који су ступили на коловоз током жутог/црвеног светла за пешаке) након постављања бројачког дисплеја, јер изузетно велики број прекршаја пешаци чине током првих, а посебно последњих секунди црвеног сигнала за пешаке.

Када се посматра понашање пешака по интервалима црвеног сигнала за пешаке, тада је бројачки дисплеј смањио укупан број прекршилаца током првих секунди трајања црвеног сигнала за пешаке, док је у последњим секундама истог сигнала присуство бројачког дисплеја статистички значајно охрабрило пешаке да ступе на коловоз у тренутку када је још увек неодозвољен прелазак за пешаке. Сходно томе, ако се из анализе изузме понашање пешака током последње 4s црвеног сигнала за пешаке, постављање бројачког дисплеја имаће позитиван утицај на понашање укупног броја пешака, тј. на оба посматрана пешачка прелаза био је мањи укупан број прекршаја након, него пре постављања дисплеја.

### 3.3. Вишетрачни коловоз са разделним острвом

Када је у питању безбедност пешака на пешачким прелазима на двосмерним, вишетрачним улицама са разделним острвом утврђено је да бројачки дисплеј нема значајан позитиван утицај на понашање пешака, када циклус није оптимизован. Резултати су показали да бројачки дисплеј на првом делу прелаза има негативан утицај на пешаке у првим и последњим секундама црвеног светла за пешаке (већи број прекршаја), али и да позитивно делује током средишњег интервала (мањи број прекршаја). На другом делу прелаза са бројачким дисплејем, такође је већи број прекршилаца у првим секундама и смањен током средишњег интервала црвеног сигнала за пешаке. Међутим, током последњег интервала црвеног светла за пешаке, нема разлике у понашању пешака на прелазу без, у односу на прелаз са бројачким дисплејем.

Резултати овог рада треба да помогну у процени очекиваних ефеката бројача, у различитим условима саобраћаја и код различитих група пешака. Међутим, због сложености утицаја и због разлика у утицајима на различите категорије пешака и у различитим условима, неопходно је, у сваком конкретном случају, вршити анализу пре/после уградње дисплеја и бити спреман за унапређења услова преласка пешака преко коловоза. Посебно би требало пратити како се мењају ови утицаји током времена.

### Литература / References

- [1] Botha, J. L., Zabyszny, A. A. i Day, J. E. (2002). Countdown Pedestrian Signals: An Experimental Evaluation, City of San Jose Department of Transportation, California.
- [2] Huang, H. i Zegeer, C., (2000). The Effects of Pedestrian Countdown Signals in Lake Buena Vista, Highway Safety Research Center, Florida Department of Transportation.
- [3] Kennedy, J. i Sexton, B., (2009). Literature review of road safety at traffic signals and signalized crossings, Published Project Report PPR436, Transport Research Laboratory, London.
- [4] Lambrianidou, P., Basbas, S., & Politis, I. (2012). Can pedestrians crossing countdown signal timers promote green and safe mobility? Sustainable Cities and Society, SCS-70.
- [5] Lipovac, K., Vujanić M., Marić, B. and Nesić, M. (2013a). Behaviour of pedestrians at signalized pedestrian crossings. Journal of Transportation Engineering, 139(2), 165-172.
- [6] Lipovac, K., Vujanić, M., Marić, B. and Nešić, M. (2013b). The influence of a pedestrian countdown display on pedestrian behavior at signalized pedestrian crossings, Transportation Research Part F 20, 121–134.
- [7] Марић, Б. (2016). БЕЗБЕДНОСТ САОБРАЋАЈА У ЗОНИ ПЕШАЧКИХ ПРЕЛАЗА. Докторска дисертација. Саобраћајни факултет у Београду.
- [8] Markowitz, F., Sciortino, S., Fleck, J. L. i Bond, M. Y., (2006). Pedestrian Countdown Signals: Experience with an Extensive Pilot Installation, ITE Journal.



# ХЕТЕРОГЕНЕ БЕЖИЧНЕ МРЕЖЕ У ИНТЕЛИГЕНТНИМ ТРАНСПОРТНИМ СИСТЕМАМА

Доц. др **Бојан Бакмаз**, дипл. инж. саоб.  
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, b.bakmaz@sf.bg.ac.rs

Стручни рад

**Сажетак:** Имајући у виду значај бежичних комуникација у реализацији интелигентних транспортних система, овај рад сагледава могућности и изазове интеграције хетерогених технологија у јединствено мрежно окружење, са циљем унапређења квалитета сервиса. Анализирани су захтеви и могућности реализације сервиса који се првенствено односе на аспект безбедности, као и сервиса за управљање саобраћајем. Сагледавањем карактеристика перспективних бежичних технологија, изложена је архитектура хетерогеног мрежног окружења.

**Кључне речи:** интелигентни транспортни системи, мобилни системи, хетерогене бежичне мреже

## HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORKS FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

**Bojan Bakmaz**, Ph.D. T.E.  
University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering,  
b.bakmaz@sf.bg.ac.rs

Professional paper

**Abstract:** *Having in mind significance of wireless communications in realization of intelligent transportation systems, this paper seeks to provide a comprehensive survey of possibilities and challenging issues, regarding integration of heterogeneous technologies in the unique network environment. Here, quality of service improvement is considered as a main goal. Requirements and use cases of safety and non-safety services are summarized and analyzed. Consequently, a heterogeneous environment architecture that utilizes a variety of prospective wireless networking technologies is presented.*

**Keywords:** *heterogeneous wireless networks, intelligent transportation systems, mobile systems*

### 1. УВОД

Последњих година саобраћајне гужве и незгоде, као и загађење животне средине, постају глобални изазови савременог друштва. Примена комуникационих технологија и интелигентних система у домену саобраћаја и транспорта може значајно утицати на смањење поменутих нежељених појава.

Почетак активног развоја бежичних комуникација између возила (V2V – *Vehicle to Vehicle*), као и возила и путне инфраструктуре (V2I – *Vehicle to Infrastructure*), везује се за 1999. годину, када је Федерална комисија за комуникације САД доделила фреквентни опсег (5,850 - 5,925 GHz) за технологије кратког домета (DSRC – *Dedicated Short Range Communication*). Касније је Међународна унија за телекомуникације (ITU – *International Telecommunication Union*) за ове технологије препоручила фреквенције (5,725 - 5,875 GHz) у нелиценцираном (ISM – *Industrial Scientific, Medical*) опсегу. DSRC су у досадашњем периоду биле разматране као доминантне технологије у области интелигентних транспортних система (ИТС) [1,2], да би у последње време значајна пажња била посвећена могућностима примене мобилних мрежа у ове сврхе [3].

Имајући у виду позитивне аспекте примене мобилних мрежа у ИТС, који се односе на шире подручје покривања, расположивост поуздане и безбедне инфраструктуре, као и задовољавајућу брзину преноса информација, али и ограничења у погледу капацитета, као адекватно решење намеће се њихова интерконекција са DSRC, у циљу формирања хетерогеног окружења [4]. Имплементација овакве архитектуре са собом доноси низ изазова у смислу ефикаснијег приступа мрежним ресурсима и обезбеђивања квалитета сервиса, са тежиштем на параметру кашњења, који је од изузетног значаја за ИТС сервисе.

У наставку рада биће анализирани захтеви и могућности реализације различитих ИТС сервиса. Други део рада је посвећен савременим бежичним технологијама као кључном елементу ИТС и могућностима реализације хетерогеног окружења које би чиниле мобилне мреже опште намене и специфичне бежичне технологије развијене за потребе комуникација у саобраћају и транспорту. Биће приказани технички изазови, као и могућа решења при реализацији овакве архитектуре.

### 2. СЕРВИСИ ИНТЕЛИГЕНТНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМА

Концепт ИТС подразумева примену савремених информационо-комуникационих технологија ради повећања ефикасности и безбедности саобраћаја и транспорта. ИТС је једна од значајних компоненти IoT (*Internet of Things*) окружења [5] и представља карактеристичан пример M2M (*Machine to Machine*) комуникација [6].



Слика 1. Фазе имплементације ИТС са карактеристичним сервисима

Табела 1. Сервиси у ИТС са захтевима у погледу учестаности и кашњења

Категорија	Сервис	Учестаност (1/s)	Макс. кашњење (ms)
Безбедност	Упозорења о статусу возила (изненадно кочење, претицање, промена правца, проклизавање)	10	100
	Обавештења о врсти возила (интервентна возила*, спора возила, мотоцикли, бицикли)	2 (10*)	
	Упозорења о опасности на путу (погрешан смер, заустављена возила, загушења на путу, радови на путу)	10	
Управљање саобраћајем	Обавештења о ограничењима и препорученој брзини	1-2	100
	Обавештења о наиласку на раскрсницу	1	
	Електронска наплата путарине	1	500
Информисање и забава	Обавештења о локацијама објеката од интереса	1	500
	Е-трговина	1	
	Преузимање мултимедијалног садржаја	1	

Према Меморандуму о разумевању, потписаном у оквиру *CAR2CAR Communication* конзорцијума [7], почетак имплементације ових система везује се за 2015. годину, предвиђајући четири транзиционе фазе (Слика 1).

У почетним фазама имплементације предвиђени су искључиво основни сервиси упозорења возача о стању на путу применом бежичних технологија кратког домета, док се у каснијим фазама предвиђа увођење комплекснијих сервиса као што је кооперативно, а потом и потпуно аутономно управљање возилима.

Предуслови за увођење напреднијих сервиса се односе на високу пенетрацију електронске опреме у возилима и путној инфраструктури, као и примену нових генерација мобилних система и бежичних технологија.

У перспективи, поред V2V и V2I комуникација, значајну улогу у ИТС сервисима имаће и V2P (*Vehicle to Pedestrian*) комуникација [8], чиме ће бити обухваћени сви учесници у саобраћају.

Сервиси у ИТС могу се класификовати у три опште категорије:

- Безбедносни сервиси, који директно утичу на безбедност учесника у саобраћају умањујући могућност појаве нежељених догађаја.
- Сервиси за управљање саобраћајем, који директно утичу на одвијање саобраћаја и транспорта, повећавајући њихову ефикасност.
- Сервиси за информисање и забаву (*infotainment*), који немају директан утицај на безбедност и одвијање саобраћаја, али могу у значајној мери утицати на перформансе комуникационог система и корисничко искуство.

Категорије и карактеристични примери сервиса у ИТС са одговарајућим захтевима у погледу учесталости и максималног кашњења приказани су у табели 1.

Безбедносни сервиси свакако представљају најзахтевнију категорију у погледу интензитета (учестаности) генерисања порука, кашњења, поузданости и безбедности преноса.

За ове сервисе потребно је обезбедити кашњење мање од 100 ms, с обзиром да се време реакције већине возача креће у интервалу од 0,6 до 1,4 s.

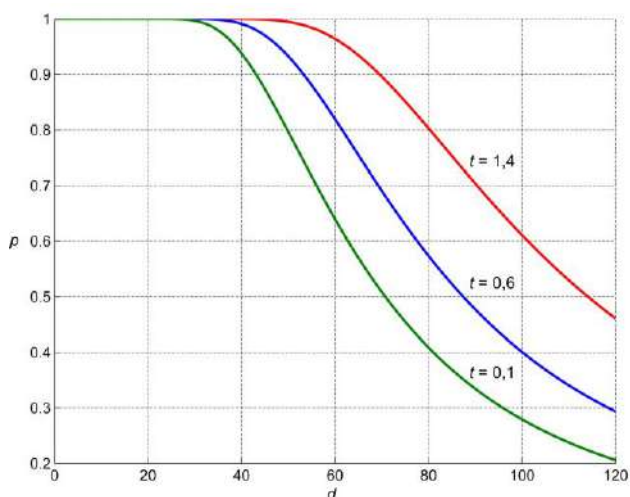
Утицај времена реакције возача, односно кашњења у преносу порука код примене ИТС, на вероватноћу судара два возила која се крећу у истом смеру приказан је на слици 2.

Вероватноћа судара услед наглог заустављања првог возила може се представити на основу кумулативне функције нормалне расподеле [9]:

$$p = 1 - \int_{-\infty}^{-L-D} f(x; \mu, \sigma) dx, \quad (1)$$

при чему је  $L$  просечна дужина возила,  $D$  зауставни пут, а  $f(x, \mu, \sigma)$  нормална густина расподеле, са средњом вредношћу  $\mu = -d$  и стандардном девијацијом  $\sigma = d/2$ , где је  $d$  просечно растојање између возила. Зауставни пут зависи од брзине возила  $v$ , времена реакције  $t$  и коефицијента трења  $\eta$ :

$$D = vt + \frac{v^2}{2g\eta}. \quad (2)$$



Слика 2. Утицај времена реакције возача и кашњења у преносу порука на вероватноћу судара услед наглог заустављања возила

Код примене ИТС сервиса за избегавање судара са кашњењем у преносу порука од 100 ms, могуће је уочити значајно смањење вероватноће судара два возила која се крећу у истом смеру услед наглог заустављања првог возила, чак и у случају минималног времена реакције возача (0,6 s).

Разлика постаје значајнија нарочито у условима смањене видљивости и другим случајевима када је време реакције возача повећано.

### 3. ПЕРСПЕКТИВНЕ КОМУНИКАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ И СТАНДАРДИ У ИТС

До сада је разматрана могућност примене више различитих бежичних технологија, које у мањој или већој мери могу испунити захтеве ИТС апликација [10].

Као перспективно решење наметнули су се стандарди који се развијају у оквиру IEEE (*Institute of Electrical Electronics Engineers*) радних група 802.11 и 1609. Амандманом IEEE 802.11p [11] дефинисане су карактеристике физичког интерфејса DSRC технологије, док стандард IEEE 1609 [12] пружа подршку вишим слојевима референтног модела, а односи се на механизме управљања ресурсима, безбедност, рутирање и вишеканални приступ.

Ова два стандарда формирају тзв. WAVE (*Wireless Access in Vehicular Environments*) архитектуру протокола, која треба да омогући V2I комуникацију имплементацијом већег броја RSU (*Road Side Unit*), као и *ad-hoc* V2V комуникацију.

Имајући у виду карактеристике приказане у табели 2, јасно је да стандард IEEE 802.11p доноси низ предности, које се огледају у коришћењу нелиценцираног спектра и обезбеђеној подршци за квалитет сервиса, али и низу ограничења у домену мобилности, скалабилности и тржишној доступности.

Табела 2. Карактеристике перспективних бежичних технологија

Стандард	IEEE 802.11p	LTE-A
Фреквенцијски опсег	5,7-5,9 GHz	450 MHz-5 GHz
Ширина канала	10 MHz	до 100 MHz
Макс. брзина преноса података	27 Mb/s	1 Gb/s
Радијус покривања	1 km	30 km
Мобилност	до 60 km/h	до 350 km/h
Квалитет сервиса	унапређени приступ каналу	класе сервиса
V2I	да	да
V2V	<i>ad-hoc</i>	D2D
V2P	не	да
Тржишна доступност	ограничена	изражени потенцијал

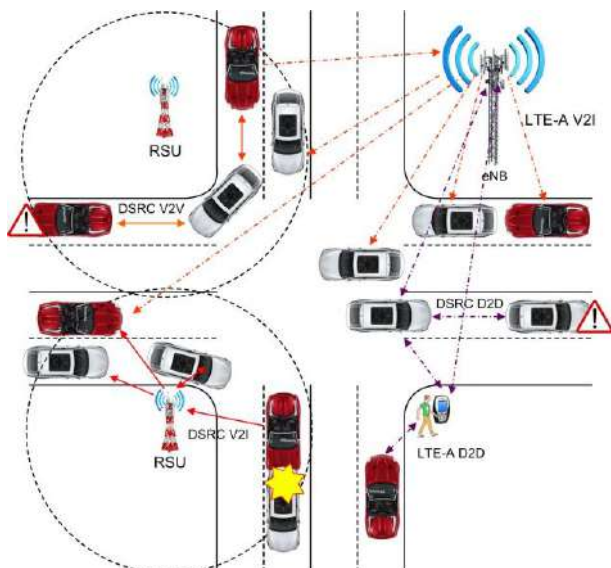
Због изражене мобилности корисника и динамичности промене топологије, јасно је да једна комуникациона технологија не може да задовољи све захтеве ИТС сервиса.

Комбинацијом савремених мобилних система и комуникационих технологија кратког домета могуће је формирати хетерогено мрежно окружење (Слика 3) [13]. Имплементацијом унапређених мобилних система LTE-A (*Long Term Evolution Advanced*), очекује се превазилажење ограничења у погледу капацитета, мобилности, кашњења, итд.

Иако DSRC технологије подржавају V2I комуникацију, мобилни системи свакако представљају економичније и ефикасније решење.

Мобилни системи обезбеђују дифузиони (*multicast*) и усмерени (*unicast*) режим преноса информација између базне станице (*eNodeB-eNB*) и возила, с тим што је двосмерни пренос информација доступан искључиво у усмереним линковима. LTE-A системи подржавају задовољавајуће брзине преноса података уз прихватљиво кашњење чак и у условима изражене мобилности корисника [14].

Такође, због централизоване архитектуре и примене напреднијих антенских система, ови системи су отпорнији на нежељене ефекте као што су фединг и интерференција. Поред очигледних предности, имплементација LTE-A технологије у ИТС доноси и низ изазова у домену квалитета сервиса, безбедности и поузданости.



Слика 3. Хетерогено мрежно окружење за ИТС

LTE системи изворно не пружају подршку за V2V режим комуникације, међутим њиховим даљим унапређењем предвиђа се директна комуникација између уређаја (тзв. D2D – *Device to Device* комуникација).

Ова техника се може применити у ИТС, уз превазилажење одређених проблема. Један се односи на појаву интерференције, уколико D2D комуникациони линкови користе исте радио ресурсе као и ћелијски системи. Такође, кретање возила већим брзинама значајно могу утицати на деградацију перформанси овог вида комуникације. Успостављање везе у оваквим условима представља временски захтевну процедуру, која утиче на повећање укупног кашњења у преносу.

Као потенцијално решење намеће се комбинација технологија кратког домета и мобилних мрежа, при чему би се пренос података одвијао преко IEEE 802.11p, у нелиценцираном опсегу, док би се контрола вршила преко LTE-A канала у лиценцираном делу спектра. Овакво решење нарочито добија на значају у подручјима са лошијом пропагацијом сигнала са базне станице.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У раду су анализирани карактеристике савремених бежичних технологија, као и могућност њихове примене у ИТС. Пошто ниједна од технологије не може у потпуности да одговори на строге захтеве које постављају ИТС апликације из домена безбедности учесника у саобраћају, као адекватно решење намеће се хетерогена мрежна архитектура. Хетерогена архитектура може да искористи потенцијале DSRC и мобилних система, као алтернативних технологија, у зависности од врсте комуникација (V2I или V2V), брзине кретања возила, саобраћајног оптерећења и захтева у погледу квалитета сервиса.

Актуелне комуникационе технологије могу да обезбеде задовољавајући ниво квалитета сервиса за ИТС апликације изван домена безбедности. Међутим, наставком досадашњег тренда унапређења мобилних система и увођења нове генерације сваких десетак година, за очекивати је да напредна технолошка решења за дензификацију архитектуре, као што су дистрибутивни антенски системи и примена милиметарских таласа, значајно повећају капацитете мрежних ресурса и тиме обезбеде подршку за захтевније ИТС апликације.

## Литература

- [1] Jiang, D., et al. (2006). Design of 5.9 GHz DSRC-based Vehicular Safety Communication. *IEEE Wireless Communications*. 13(5), 36-43.
- [2] Morgan, Y.L. (2010). Notes on DSRC & WAVE Standards Suite: Its Architecture, Design, and Characteristics. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 12(4), 504-518.
- [3] Araniti, G., et al. (2013). LTE for Vehicular Networking: A Survey. *IEEE Communications Magazine*. 51(5), 148-157.
- [4] Бакмаз, Б. (2008). *Квалитет сервиса у хетерогеним бежичним мрежама*. Београд: Задужбина Андрејевић.
- [5] Bojkovic, Z., Bakmaz, B., Bakmaz, M. (2013). Some Challenging Issues for Internet of Things Realization. *Proc. 12th International Conference DNCOCO '13*. Lemesos, Cyprus, 63-70.
- [6] Bojkovic, Z., Bakmaz, B., Bakmaz, M. (2014). Machine-to-Machine Communication Architecture as an Enabling Paradigm of Embedded Internet Evolution. *Proc. 13th International Conference ACE '14*. Lisbon, Portugal, 40-45.
- [7] Memorandum of Understanding for OEMs within the CAR 2 CAR Communication Consortium on Deployment Strategy for cooperative ITS in Europe (2011). *CAR-2-CAR Communication Consortium*.
- [8] Campolo, C., Molinaro, A., Scopigno, R. (2015). From Today's VANETs to Tomorrow's Planning and the Bets for the Day After. *Vehicular Communications*. 2(3), 158-171.
- [9] Garcia-Costa, C., et al. (2011). Speeding Up the Evaluation of Mathematical Model for VANETs Using OpenMP. In: Pina, N., Kacprzyk, J., Filipe, J. (Eds.). *Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*, Berlin Heidelberg: Springer.
- [10] Atallah, R.F., Khabbaz, M.J., Assi, C.M. (2015). Vehicular Networking: A Survey on Spectrum Access Technologies and Persisting Challenges. *Vehicular Communications*. 2(3), 125-149.
- [11] IEEE 802.11p (2010). *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments*.
- [12] IEEE 1609.0 (2013). *Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) Architecture*.
- [13] Zheng, K., et al. (2015). Heterogeneous Vehicular Networking: A Survey on Architecture, Challenges, and Solutions. *IEEE Communication Surveys and Tutorials*. 17(4), 2377-2396.
- [14] Mumtaz, S., et al. (2015). Cognitive vehicular communication for 5G. *IEEE Communications Magazine*. 53(7), 109-117.



# КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ДРУМСКОГ ТРАНСПОРТА СА АСПЕКТА ОДРЖИВОГ РАЗВОЈА - ПРИМЕР ЕУ ЗЕМАЉА

**Проф. др Наташа Бојковић**, дипл.инж.саобр.  
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет, n.bojkovic@sf.bg.ac.rs

**Тања Парезановић**, магст.инж.саобраћаја  
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет, t.parezanovic@sf.bg.ac.rs

**Доц. др Маријана Петровић**, дипл.инж. саобр.  
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет, marijanap@sf.bg.ac.rs

**Резиме:** Циљ рада је да се на основу статистичких података изврши анализа друмског транспорта држава чланица Европске Уније (ЕУ). Коришћени су индикатори еколошких утицаја и безбедности из европске стратегије одрживог развоја. Применом мултиваријантне графичке технике Co-plot државе су позициониране према релативном учинку у односу на критеријуме.

**Кључне речи:** одржив развој, друмски транспорт, Co-plot, ЕУ земље.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF ROAD TRANSPORT IN VIEW OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT - THE EXAMPLE OF EU COUNTRIES

**Nataša Bojković**, Ph.D. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, n.bojkovic@sf.bg.ac.rs

**Tanja Parezanović**, M.Sc. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, t.parezanovic@sf.bg.ac.rs

**Marijana Petrović**, Ph.D. T.E.  
FTTE, University of Belgrade, marijanap@sf.bg.ac.rs

**Summary:** The aim is to take on the basis of statistical data analyze road transport Member States of the European Union (EU). Used as indicators of environmental impact and safety of the European strategy for sustainable development. By applying multivariate graphical techniques Co-plot states are ranked according to relative performance against the criteria.

**Keywords:** sustainable development, road transport, Co-plot, EU country

### 1. УВОД

Концепт одрживог развоја транспорта се евалуира специфичним варијаблама погодним за квантификацију које се уобичајено формулишу као индикатори.

Индикатори се могу разумети као “пажљиво изабране, циљне и сажете варијабле које су одраз друштвене заинтересованости и средство у процесу одлучивања” (Gudmundsson, 2001).

На бази индикатора се могу идентификовати трендови, предвидети проблеми, поставити циљеви, оценити решења и мерити напредак ка циљевима (Litman, 2015).

Мониторинг путем индикатора који дају информације о исходима функционисања транспорта јесте саставни део успостављања одговарајуће политике и планирања саобраћаја.

У евалуацији одрживости транспорта, индикатори физичких утицаја експлицитно приказују крупне проблеме пораста мобилности-потрошњу необновљиве енергије, емисије “стаклених” гасова, емисије загађивача ваздуха, воде и земљишта, саобраћајне незгоде, фрагментацију земљишта.

Анализа ових утицајних фактора транспорта се у зависности од потреба и нивоа одлучивања може вршити на микроплану као и на највишем нивоу који се односи на националне транспортне системе у целини.

У случајевима када постоји јако тржишно партнерство између држава, евалуација националних транспортних система и крос-национална анализа добија на значају.

То је посебно изражено на простору ЕУ, где је повезивање транспортне инфраструктуре први предуслов несметаног протока људи и трговинске размене земаља.

С тим у вези, упоредна анализа националних транспортних система треба да идентификује успешније и мање успешне земље како по питању тренутног статуса тако и по питању трендова.

Утврђивање стања је полазна основа за размену добре праксе и све дуге мере политике за смањење регионалних разлика.

### 2. ПРЕТХОДНА ИСТРАЖИВАЊА

Иницијативе за евалуацију националних транспортних система са аспекта испуњења циљева европске политике одрживог развоја се спроводе на различитим нивоима.

Европски генерални директорат транспорта непосредно подржава студије које се баве утврђивањем напретка појединачних земаља и ЕУ као целине.

Једна од њих је студија ASSESS (De Ceuster et al., 2005), у којој су изабрани релевантни индикатори, а затим су на бази симулационих модела извршене прогнозе испуњења циљева за 2010. и 2020. годину.

У циљу евалуације и компаративне анализе транспорта на простору ЕУ, Европска Комисија је 2014. године започела са годишњим публикавањем остварења земаља у 29 категорија из области транспорта, тзв. "EU Transport Scoreboard".

Циљ ових извештаја је да се помогне државама да идентификују области приоритетног деловања и финансирања како би се помогло јачању заједничког европског тржишта и успостављању јединственог транспортног простора са високим стандардима квалитета услуге.

Када је реч о механизмима за евалуацију транспортних утицаја на бази индикатора, могући су различити приступи.

Системски и динамички приступ предложили су Yevdokimov и Nan (2004), при чему се транспорт третира као економска компонента система, а затим успостављају везе са еколошком и друштвеном компонентом.

Поједина истраживања иду у правцу агрегатне оцене одрживости коришћењем различитих композитних метрика.

Rassafi и Vaziri (2005) су развили индексе одрживости на националном нивоу узимајући у обзир транспортне, економске, друштвене и еколошке карактеристике.

Техника линеарне регресије предложена је за кластерисање држава ЕУ на бази промена индикатора одрживог развоја у петогодишњем периоду (Pérez-Ortiz et al., 2014).

Популарност агрегације индикатора у јединствен индекс лежи пре свега у јасном и транспарентном приказу остварења и могућности примене у различитим доменима компаративне анализе.

С друге стране, конструкција индекса неминовно има тенденцију „упрошћавања“ сложених феномена какав је крос-национална евалуација у односу на различите аспекте одрживости.

Једна од новијих техника за превазилажење поједностављења приликом рангирања држава на бази јединственог индекса је увођење више композитних индикатора који су конструисани применом различитих техника нормализације и агрегације.

На овај начин извршено је кластерисање држава ЕУ према одрживости транспорта, као и другим релевантним аспектима одрживог развоја (Luzzati and Gucciardi, 2015).

Као одговор на мултидимензионалну природу одрживог развоја и одрживог транспорта предложене су методе евалуације засноване на вишекритеријумском одлучивању (Бојковић, Анић и Пејчић-Тарле, 2010; Бојковић и остали, 2011; Mehdi Keyvan-Ekbatani and Oded Cats, 2015).

Овим приступом се добија јасно рангирање остварења али се аналитичар по правилу враћа на појединачне индикаторе како би утврдио узрочнике/детерминаторе свог ранга.

У раду је предложена метода мултиваријантне графичке технике под називом *Co-plot*, коју су увели Lipshitz and Raveh (1994).

*Co-plot* метода мапира земље у дво-димензионалном простору и омогућава анализу транспортних система у односу на све индикаторе као и утврђивање међусобних сличности и разлика.

У наредном делу представљени су индикатори који ће се користити за евалуацију транспортних утицаја, након чега следи опис *Co-plot* методе. У завршном делу дискутовани су добијени резултати.

### 3. ИНДИКАТОРИ

За оцену транспортних утицаја коришћени су индикатори из европске стратегије одрживог развоја.

Ови индикатори су развијени на бази листе индикатора коју препоручују

Уједињене Нације у оквиру Агенде 21, али су прилагођени европским специфичностима и приоритетима.

Област транспорта обухвата индикаторе који су груписани у две тематске целине "Транспорт и мобилност" и "Транспортни утицаји" (Табела 1).

Из постојећег скупа индикатора, за даљу анализу земаља ЕУ изабрани су индикатори еколошких утицаја и безбедности. Издвојени су подаци за друмски транспорт где су поменути негативни утицаји и најизраженији.

Да би се државе могле третирати као компаративне јединице, одређени индикатори из Табеле 1 су стављени у однос са бројем становника.

Скуп се састоји из 6 индикатора који се односе на друмски транспорт и то: потрошња енергије, емисије азотних оксида, емисије загађујућих честица, просечне емисије CO<sub>2</sub> из нових путничких аутомобила, емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште (тзв. GHG гасови, енг. *greenhouse gases*), и број настрадалих у саобраћајним незгодама.

У Табели 2 дат је скуп индикатора и њихове вредности за 28 држава чланица ЕУ за последњу расположиву годину.

Табела 1. Индикатори одрживог транспорта

Ниво 1	Ниво 2		Ниво 3		
Потрошња енергије у односу на БДП	<b>Транспорт и мобилност</b>				
	Видовна расподела теретног транспорта	Видовна расподела путничког транспорта	Обим теретног транспорта	Обим путничког транспорта	Улагање у путничку инфраструктуру
	<b>Транспортни утицаји</b>				
	Емисија GHG	Број настрадалих у сао.незгодама	Просечне емисије CO <sub>2</sub> из нових путничких аутомобила	Емисије азотних оксида	Емисије загађујућих честица

Извор: European Commission (2009)

#### 4. МЕТОД ЕВАЛУАЦИЈЕ

Метод *Co-plot* састоји се од четири корака. Полази се од улазне матрице  $X_{n \times k}$ , која садржи вредности  $j$  за  $k$  индикатора за  $n$  опсервација (држава).

У првом кораку се врши стандардизација улазних података трансформацијом матрице  $X_{n \times k}$  у матрицу  $Z_{n \times k}$ . Елементи матрице  $Z_{n \times k}$  се добијају када се разлика актуелних и средњих вредности колоне подели са стандардним одступањем ( $S_j$ ):

$$Z_{ij} = (X_{ij} - \bar{X}_j) / S_j \quad (1)$$

У другом кораку се врши поређење опсервација (држава) по паровима на бази збира апсолутних одступања. За резултат се добија симетрична  $n \times n$  матрица коју означавамо  $S_{il}$  (формула 2):

$$S_{il} = \sum_{j=1}^k |Z_{ij} - Z_{lj}| \geq 0, 1 \leq i, l \leq n \quad (2)$$

У трећој фази се врши графичко приказивање  $S_{il}$  матрице методом мултидимензионалног скалирања (МДС) и одређује се центар гравитације. Државе се мапирају као тачке у Еуклидовом простору,  $P_i (i = 1, \dots, n)$ . Тачке које су ближе позициониране указују на међусобну сличност опсервација (држава) и обрнуто.

У последњем, четвртном кораку се уцртавају индикатори који се представљају линијама које полазе из центра гравитације. Линије су постављене на правцима на којима се постиже максимална корелација између вредности индикатора и његове пројекције. Излазни граф *Co-plot* методе указује и на међусобну корелацију индикатора - вредности углава између линија су готово пропорционални корелацији индикатора.

## 5. РЕЗУЛТАТИ

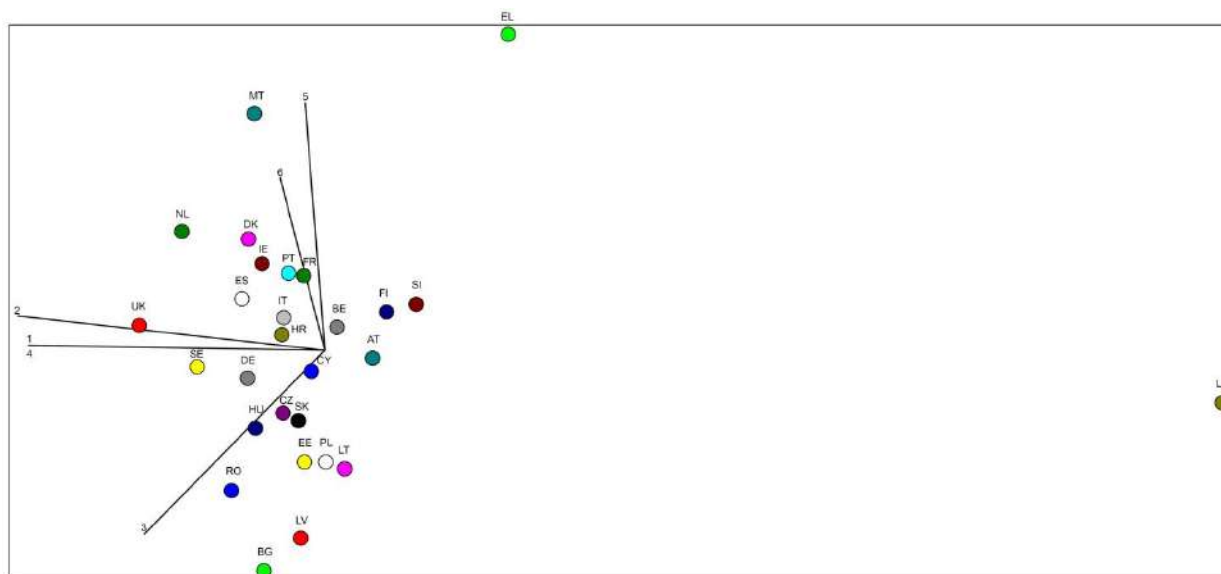
За расположиве податке о индикаторима, применом *Co-plot* методе добијен је излазни граф приказан на Слици 1. Графички приказ даје “снимак” стања којим се могу истовремено тумачити варијабле (индикатори) и опсервације (државе). Индикатори су приказани линијама које полазе из заједничке тачке (центра гравитације). Линије које представљају индикаторе Енергетске потрошње и Емисија GHG се готово преклапају (линије 1 и 4 на графу), што указује на њихову јаку корелацију. У високој корелацији са овим индикаторима јесте и индикатор Емисија азотних оксида (линија 2). Тиме се указује на још увек велику зависност транспорта од фосилних горива, односно мало учешће обновљивих/алтернативних извора енергије.

На основу међусобног положаја линија, закључујемо да нема изразито супротстављених критеријума, односно оних чији би се правци протирали под углом од 180 степени. На основу позиција држава које су симболично представљене тачкама можемо уочити које државе имају релативно боље показатеље у односу на друге и по ком индикатору.

Добар učinak у односу на индикатор визуелно је приказан близином тачке правцу линије индикатора и обрнуто. У односу на успешност према свим индикаторима, могу се издвојити групе (кластери) земаља са сличним učinком. Првој групи припадају државе које су позициониране релативно добро, односно у

области свих линија/индикатора, што указује на њихов повољнији статус према свим критеријумима одрживости. У оквиру ове групе може се даље уочити скуп земаља које имају бољи učinak у односу на индикаторе 2 и 6 (емисије азотних оксида и безбедност). Ту на пример: Хрватска, Данска, Француска, Италија, Холандија, Португалија, Шпанија и Велика Британија. Скуп држава које се налазе изван области линија (BE, FI, SI, AT, CY, HU, CZ, SK, RO, EE, PL, LT, LV, BG) имају неравномерније показатеље – релативно добар učinak према индикаторима 3 (емисије честица), односно 5 (просечне емисије CO<sub>2</sub> по км из нових путничких аутомобила) док према осталим индикаторима бележе релативно слабији успех. Велико “искакање” држава као што је случај са Грчком и Луксембургом указује на специфичности услед којих се ове државе не могу прикључити ни једном кластеру. Конкретно, у случају Грчке, подаци указују на знатно виши ниво емисија загађујућих честица, а у случају Луксембурга на висок ниво емисија GHG.

Иако деле заједничке развојне циљеве у домену транспорта и одрживог развоја земље ЕУ се разликују како у контексту релативне позиције тако и у контексту перформанси (индикатора учинка) који предодређују ту позицију. У том смислу примена метода евалуације које омогућавају истовремену анализу односа земаља и односа индикатора може бити добра основа за крос-националну анализу транспорта са аспекта одрживости.



Слика 1. Co-plot излазни графикон за 28 држава чланица ЕУ

Табела 2. Вредности индикатора за 28 држава чланица ЕУ

Земља	Индикатор	(1) Потрошња енергије по глави становника*	(2) Емисије азотних оксида*	(3) Емисије честица*	(4) Емисије GHG**	(5) Просечне емисије CO <sub>2</sub> по км из нових путничких аутомобила*	(6) Настрадали у саобраћајним незгодама*
	Јединица	у хиљадама тона фосилних горива по становнику	тона/станов.	тона/станов.	у хиљадама тона CO <sub>2</sub> по становнику	грама CO <sub>2</sub> по км	број погинулих/станов.
1.	Аустрија (АТ)	884.3409468	10.1368301	0.365468032	2.468584326	128.6	0.050547203
2.	Белгија (БЕ)	740.9318101	8.743573724	0.403695109	2.159942878	121.3	0.064530525
3.	Бугарска (БГ)	376.6923831	5.329091737	0.317429648	1.076500545	136	0.124349614
4.	Хрватска (HR)	423.5659791	5.725722897	0.351794292	1.271545634	115.8	0.072525195
5.	Кипар (CY)	698.7179487	6.175990676	0.374125874	2.331002331	130.1	0.052447552
6.	Чешка (CZ)	537.4034474	3.444218257	0.299836384	1.569574978	131.8	0.06544652
7.	Данска (DK)	655.3881149	7.224552175	0.352750924	2.025874325	110.2	0.03394228
8.	Естонија (EE)	537.5436997	6.627906977	0.332877337	1.671986624	140.9	0.074479404
9.	Финска (FI)	704.9144241	7.436574762	0.986920551	2.054555794	127.4	0.04732816
10.	Француска (FR)	628.8664492	8.053302469	0.448298489	1.90018774	114.2	0.049638797
11.	Немачка (DE)	652.4158851	5.704782245	0.274702077	1.824991488	132.5	0.041811372
12.	Грчка (EL)	456.6706714	7.347964452	2.574814054	1.26562543	108.2	0.080614837
13.	Мађарска (HU)	323.354324	4.538137567	0.250673254	1.083281025	133	0.059833559
14.	Ирска (IE)	795.6573662	7.716860276	0.39691673	2.25816958	117.1	0.035175334
15.	Италија (IT)	563.8578082	6.676175951	0.327576761	1.615591278	118.2	0.055690188
16.	Летонија (LV)	450.3122658	5.965525856	0.349238071	1.249063203	140.4	0.10592056
17.	Литванија (LT)	532.2914897	9.180907083	0.391031085	1.392899609	135.8	0.086971293
18.	Луксембург (LU)	3765.326542	42.21575405	1.87011097	11.82463162	129.9	0.063671093
19.	Малта (MT)	405.0305595	1.231781852	1.422190879	1.175364363	115.1	0.030559473
20.	Холандија (NL)	582.9594814	5.182925018	0.196086587	1.972749906	107.3	0.028284005
21.	Пољска (PL)	395.697816	6.655680614	0.491689441	1.204695683	132.7	0.088300511
22.	Португалија (PT)	501.8748861	6.756303166	0.305160492	1.572794491	108.8	0.06108964
23.	Румунија (RO)	250.9161641	4.187935209	0.187694575	0.711875793	128.3	0.091140154
24.	Словачка (SK)	370.0585314	6.84576894	0.312598091	1.20016987	131.8	0.068502003
25.	Словенија (SI)	859.5895396	10.88544952	0.616175828	2.765513561	121.3	0.060647227
26.	Шпанија (ES)	552.3991555	6.397762308	0.285774485	1.597430352	118.6	0.036119556
27.	Шведска (SE)	768.01211	5.335462265	0.275689743	1.85590312	131	0.026957252
28.	Велика Британија	585.0240171	5.023068562	0.233437985	1.685630004	124.6	0.003778672

Извори: \* <http://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/indicators/sustainable-transport>\*\* [http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2015\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2015_en.htm)

**Литература:**

- [1] Bojković, N., Anić, I., & Pejčić-Tarle, S. (2010). One solution for cross-country transport-sustainability evaluation using a modified ELECTRE method. *Ecological Economics*, 69(5), 1176-1186.
- [2] Bojković, N., Macura, D., Pejčić-Tarle, S., & Bojović, N. (2011). A comparative assessment of transport-sustainability in Central and Eastern European countries with a brief reference to the Republic of Serbia. *International Journal of Sustainable Transportation*, 5(6), 319-344.
- [3] De Ceuster, G. et al., 2005. ASSESS Final Report. DG TREN, European Commission, Bruxelles. [http://www.tmluven.be/project/assess/2005\\_10\\_28\\_assess\\_final\\_report\\_en.pdf](http://www.tmluven.be/project/assess/2005_10_28_assess_final_report_en.pdf) (pristupljeno 19.05.10).
- [4] European Commission (2009). Sustainable development in the European Union, 2009 monitoring report of the EU sustainable development strategy.
- [5] European Commission (2015). EU transport in figures - Statistical Pocketbook 2015. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. [http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2015\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2015_en.htm)
- [6] Gudmundsson, H. (2001). Indicators and performance measures for transportation, environment and sustainability in north America: Report from a German Marshall Fund Fellowship 2000 individual study tour october 2000. National Environmental Research Institute.
- [7] Keyvan Ekbatani, M., & Cats, O. (2015, December). Multi-criteria appraisal of multi-modal urban public transport systems. In *Transportation Research Procedia*, 10, 2015; 18th Euro Working Group on Transportation, EWGT 2015, 14-16 July 2015, Delft, The Netherlands. Elsevier.
- [8] Lipshitz, G., & Raveh, A. (1994). Application of the co-plot method in the study of socio-economic differences between cities: a basis for a differential development policy. *Urban Studies*, 31(1), 123-135.
- [9] Litman, T. (2015). Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute.
- [10] Luzzati, T., & Gucciardi, G. (2015). A non-simplistic approach to composite indicators and rankings: an illustration by comparing the sustainability of the EU Countries. *Ecological Economics*, 113, 25-38.
- [11] Pérez-Ortiz, M., de la Paz-Marín, M., Gutiérrez, P. A., & Hervás-Martínez, C. (2014). Classification of EU countries' progress towards sustainable development based on ordinal regression techniques. *Knowledge-Based Systems*, 66, 178-189.
- [12] Rassafi, A. A., & Vaziri, M. (2005). Sustainable transport indicators: definition and integration. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 2(1), 83-96.
- [13] Yevdokimov, Y., & Han, M. (2004, February). A Systems Approach to Measuring Sustainability of Transportation. In *Proceedings of the International Conference on Transportation Systems Planning and Operation*. Chennai, India (pp. 18-20).

## ПРОЦЕНА НИВОА УСЛУГЕ ПЕШАЧКИХ ПРЕЛАЗА

Милош Павловић, маг.инж.саобр.

Институт за путеве а.д., Београд, milosapavlovic@gmail.com

Стручни рад

**Резиме:** Пешак је најчешћи, најспорији и најмање заштићен учесник у саобраћају. Сваки возач је потенцијални пешак. Његово индивидуално понашање захтева посебну заштиту, нарочито у урбаним околинама, где се смерови кретања преплићу са другим учесницима у саобраћају. Због тога су пешаци неопходне сопствене површине за кретање. С обзиром да је пешачки прелаз место, на којем се укрштају моторни и пешачки саобраћај, проток пешачких токова представља једну од важних карактеристика. Проток пешачког прелаза јесте способност проласка одређеног броја пешака у јединици времена на одређеном пресеку. Сваком пешаку је потребан маневарски простор за безбедно, неометано и угодно кретање. Тај простор се разликује у зависности од тога да ли пешак стоји или се креће, а најчешће се најбоља дефиниција добија на основу размака између пешака, односно нивоа услуге пешачких токова.

“Ниво услуге пешака” у суштини представља термин за једноставан концепт: колико су инфраструктурно подржана кретања пешака на одређеном подручју и колика је интеракција, односно у којој мери утичу остали начини кретања на пешачке токове. Подручја, тј. површине које обезбеђују висок ниво услуге пешачким токовима пре свега у конфликтним ситуацијама, приликом проласка преко саобраћајница, најчешће омогућавају безбедно и сигурно кретање пешака, посебно на местима пешачких прелаза. Адекватана позиција, затим ширина пешачких прелаза у координацији са радом светлосних сигнала, као и квалитетним каналисањем пешачких токова, у све већој мери добијају на значају у истраживањима широм света. Узрок томе лежи у жељи за подизањем безбедности најрањивијих категорија учесника у саобраћају. У овом раду биће приказана запажања, као и резултати истраживања нивоа услуге на неколико пешачких прелаза у градским, урбаним срединама.

**Кључне речи:** ниво услуге, пешачки прелаз, проток.

## ESTIMATING LEVEL OF SERVICE AT PEDESTRIAN'S CROSSINGS

Miloš Pavlović, M.Sc. TE

Highway Institute, Belgrade, milosapavlovic@gmail.com

Professional paper

**Abstract:** The pedestrian is the most common, the slowest and least protected traffic participants. Each driver is a potential pedestrian. Individual behavior requires special protection, especially in urban environments, where the directions of movement intersect with the other traffic participants. Therefore, the pedestrian necessary needs surface movement. Since the pedestrian crossing is location at which they intersect motor and pedestrian traffic, pedestrian flow represents one of the important characteristics. The flow of pedestrian crossing is the ability to pass a certain number of pedestrians per unit time at a particular intersection. Every pedestrian needs maneuvering space for safe, smooth and comfortable movement. This area is different depending on whether the pedestrian is standing or moving, and usually gets the best definition on the basis of the distance between the pedestrian and the level of service pedestrian flows. "The pedestrian level of service" is essentially a term for a simple concept: how infrastructure support pedestrians in a particular area and the extent of interactions, and other ways of influencing developments on the pedestrian flows. Areas, i.e. place that provide a high level of service pedestrian flows especially in conflict situations, when crossing the road, usually provide secure and safe movement of pedestrians, especially in places of pedestrian crossings. An adequate position, then width of pedestrian crossings in coordination with light signals, as well as quality channeling pedestrian flows, are increasingly gaining importance in research worldwide. The reason for this lies in the desire to raise the security of the most vulnerable categories of road users. This paper presents the observations and the results of research services at several pedestrian crossings in the conditions of the city, the urban environment.

**Keywords:** Traffic safety, speed limit, improper speed, compliance with traffic regulations.

### 1. УВОД

Пешак је најчешћи, најспорији и најмање заштићен учесник у саобраћају. И сваки возач је потенцијални пешак. Његово индивидуално понашање захтева посебну заштиту, нарочито у урбаним околинама, где се његови смерови кретања преплићу са другим учесницима у промету. Због тога пешак треба своје прометне површине.

У овим смерницама употребљени стручни термини имају следеће значење:

Пешачка стаза је дефинисана слободним и саобраћајним профиллом.

Слободни профил чини попречни пресек пешака, који је потребан за кретање пешака.

Густина пешака је појам који се користи да означи колико се пешака налази на некој површини. Пешачки прелаз је место, на којим се укрштају саобраћај возилима и пешачки саобраћај. Посебни пешачки прелази су школски прелази, школски прелаз у склопу безбедног пута до школе, прелази испред болнице, прелази испред вртића и сл. Најједноставнији начин за припрему рада јесте коришћење овог упутства за писање рада. Стилони су именовани на смислен начин, те их не морате памтити, већ се из назива стила јасно види ком делу текста је намењен.

## 2. ОСНОВЕ ПЕШАЧКОГ САОБРАЋАЈА

Код пешака се дефинише основни профил на основу димензија ширине рамена (0,60м) и ширине тела (0,40м). Сваком пешаку је потребан маневарски простор за безбедно, неометано и угодно кретање. Тај простор се разликује у зависности од тога да ли пешак стоји или се креће, најбоља дефиниција се добија на основу размака између пешака.

Размак између пешака: паралелно у односу на ширину рамена вертикално у односу на ширину рамена.

Табела 1. Размак између пешака

Стање	паралелно у односу на ширину рамена	вертикално у односу на ширину рамена
Пешак који стоји	0,80м	0,60м
Пешак који хода	0,80м	1,00м

Извор: (НСМ 2000)

Брзина кретања неометаног пешака генерално зависи од његове старости, психофизичке способности, расположења и места на коме се налази. Густина пешака је појам који се користи да означи колико се пешака налази на некој површини. Она зависи од врсте саобраћајног тока (једносмерни, двосмерни). Пропусност пешачког прелаза јесте способност проласка одређеног броја пешака у јединици времена на одређеном пресеку. Пропусност која је коришћена као параметар за одређивање ширине прелаза узима се у обзир само када се појављује велики број пешака. Пропусност једносмерног пешачког тока износи од 39 до 82 пешака/м/мин, а за градове се примењује проток од 66 пешака/м/мин.

Пешачка стаза је дефинисана слободним и саобраћајним профилем пешачке стазе.

Слободни профил сачињен је од саобраћајног профила и две безбедносне траке. Слободни профил чини попречни пресек пешака, који је потребан за кретање пешака, а безбедносне траке доприносе угоднијем и безбеднијем кретању. У слободни профил не може да задири ниједан предмет и он представља невидљиву граничну линију између изграђене околине и простора намењеног пешацима.

## 3. ЛОКАЦИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање је спроведено у Београду, на две локације. Прва локација је пешачки прелаз у улици Коларчевој, на Тргу Републике, док је друга локација истраживања пешачки прелаз у Београдској улици код Правног факултета. Истраживање је извршено 3. и 10-ог септембра 2015. године у периоду од 14-16 часова и од 18-20 часова. Начин регулисања саобраћаја на раскрсницама врши се уз помоћ светлосне сигнализације. Извршено је истраживање протока пешака на пешачким прелазима, у складу са начином рада светлосних сигнала, односно успостављеним планом темпирања.



Слика 1. Позиција пешачког прелаза – Београдска улица



Слика 2. Позиција пешачког прелаза – Коларчева (Трг Републике)

#### 4. АНАЛИЗА КАПАЦИТЕТА ПЕШАЧКИХ ПОВРШИНА

##### Пешачки прелази

Пешачки прелази на државним путевима, па и на општинским путевима представљају критична места на којима се укрштају моторни саобраћај и пешачки саобраћај. Код укрштања путева пешака и путева моторних возила у истом нивоу долази до међусобне угрожености и саобраћајних незгода. Пешацима је потребно обезбедити што безбедније кретање на њиховим путевима, а уједно обезбедити и проточност пута, односно одвијање саобраћаја са што мање сметњи. Пешачки прелази морају да буду лоцирани и опремљени на начин да што више одговарају наведеним условима.

У поступку одлучивања о уређењу прелаза потребно је да се провери:

- оправданост прелаза,
- адекватност локације,
- адекватност опремљености прелаза.

##### Пешачки прелази у раскрсницама

Пешачки прелази на подручју раскрсница у нивоима део су пројектног уређивања раскрсница. Њихово уређење зависи од комплетног уређења раскрсница и пешачких површина на утицајном подручју раскрснице. Пешачки прелази на раскрсници са кружним током са две увозне, односно извозне траке нису дозвољени, осим када су траке међусобно физички одвојене пешачким острвом.

##### Површине за чекање пре пешачких прелаза

Пре пешачког прелаза, са обе стране, мора да буде на располагању површина довољна за окупљање пешака који желе да пређу коловоз. Димензије површине за чекање одређене су у односу на очекивани капацитет пешака.

У основи су оне:

- најмања ширина износи 2.0 м;
- дужина је једнака ширини пешачког прелаза;

Код дугачких пешачких прелаза где није предвиђена светлосна сигнализација, између коловоза у различитом смеру мора да се налази пешачко острво за које важе исти услови као за остале површине за чекање. Ниво услуга површина намењених чекању пешака зависи од просечног простора који је на располагању сваком пешаку, од личног комфора и од степена мобилности.

Тротоари, пешачки прелази и улични углови су типови пешачких површина где су пешаци највише у контакту са токовима возила. Следеће процедуре представљају један од начина за анализу капацитета пешачких површина, а заснивају се на методологији из НСМ 2000. Пешачке саобраћајнице нису намењене искључиво кретању пешака, већ се састоје од зона накупљања где се стварају редови, простора поред излога, клупа, трафика, уличних продаваца итд. Анализа капацитета се примењује на ефективни део пешачке површине који је намењен искључиво кретању пешака у току.

С обзиром да густине пешачког тока имају вредности обично мање од 1,00 реš/m<sup>2</sup>, уведена је реципрочна величина – јединични простор (модул пешачког простора):

$$M = \frac{1}{g} \quad (\text{m}^2/\text{peš}) \quad (1)$$

Максимални проток (проток при капацитету, односно при нивоу услуге Е) се налази у веома уској области јединичног простора: 0,5 – 1,0 m<sup>2</sup>/peš. Када се јединични простор смањи испод 0,5 m<sup>2</sup>/peš, брзина нагло опада и долази до престанка кретања када је јединични простор 0,2 – 0,4 m<sup>2</sup>/peš. Средња вредност јединичног простора је мања за споре (1,5 m<sup>2</sup>/peš), а већа за брже пешаке (4 m<sup>2</sup>/peš).

##### 4.1. Прорачун за пешачке прелазе:

Прво се одређује укупно расположиво простор – време на пешачком прелазу „i“:

$$T_{Si} = L \cdot W_e \cdot [(Z_j - 3) - L / 2Sp]; \quad (\text{m}^2\text{-sec}) \quad (2)$$

где је:

L – дужина

W<sub>e</sub> - ширина пешачког прелаза

Z<sub>j</sub> - трајање зелене фазе за возила на супротном правцу

(Z<sub>j</sub> – 3) - трајање зелене фазе за пешаке на посматраном прелазу „i“.

Познајући потребно просечно време за прелазак пешачког прелаза:

$$t_{wi} = 3.2 + L_i / 2Sp + [0.81 \cdot N_{ped} / W_i] \quad (3)$$

за W > 3.0m (s), где је:

L<sub>i</sub> - позната дужина пешачког прелаза

Sp=1,4m/s - претпостављена просечна брзина пешака,

N<sub>ped</sub> - број пешака током интервала,

добија се укупно време преласка пешачког прелаза свих пешака:

$$T = (q_{i0} + q_{i1})t_{wi} \quad (\text{peš-s}) \quad (4)$$

при чему су  $q_{i0}$  и  $q_{i1}$  протоци пешака по циклусу на пешачком прелазу „и“ у оба смера. Просечна циркулациона површина по пешаку на прелазу „и“ је:

$$M_i = T S_i / T \quad (5)$$

на основу чега се утврђује ниво услуге.

Ако се прорачун ради за услове кретања пешака у плотуну, тада се рачуна максимални проток на прелазу „и“:

$$Q_i (\max) = (q_{i0} + q_{i1})(R_j + 3 + t_{wi}) / 60 \quad (6)$$

при чему су  $q_{i0}$  и  $q_{i1}$  протоци пешака у минути на пешачком прелазу „и“ у оба смера. Ниво услуге за услове максималног тока се добија на основу расположиве површине по пешаку за ове услове:  $M_i (\max) = A_i / Q_i (\max)$ . Могућа је и анализа у супротном смеру: за дефинисан ниво услуге који се захтева на уличном углу дефинише се гранична вредност пешачког модула  $M$ . На основу познатог укупног тока циркулације  $q_C$  и укупног времена циркулације пешака по циклусу  $t_C$ , добија се доступно време – простор за циркулацију:  $TSC = M \cdot t_C$ . На основу заузетог простор – времена  $TSh$ , добија се укупно расположиво простор – време:  $TS = TSC + TSh$ . На основу познате ужине циклуса  $C$  добија се потребна величина површине уличног угла:

$$A = \frac{60 \cdot TS}{C} \quad (m^2/pes) \quad (7)$$

#### 4.2. Прорачун за уличне углове:

Прво се одређује укупно расположиво простор – време:

где је  $A$  нето површина уличног угла, а  $C$  дужина циклуса. Затим се на основу одређеног времена чекања у зонама акумулације  $Q_{tc0}$  и  $Q_{td0}$ , одређује заузето простор – време  $TSh$ , а онда и доступно простор – време за циркулацију  $TSC$ . Знајући укупан ток циркулације по циклусу  $q_C$ , добија се укупно време циркулације пешака по циклусу  $t_C$ , затим и расположива површина по пешаку (модул), на основу чега се утврђује ниво услуге:

$$M = TSC / t_C \quad (8)$$

Слично, ако се за пешачки прелаз „и“ дефинише ниво услуге који мора бити задовољен при вршном протоку пешака у плотуну, тада се дефинише и гранична вредност пешачког модула  $M_i (\max)$ . На основу познатог максималног протока на прелазу „и“ -  $Q_i (\max)$ , добија се потребна површина пешачког прелаз:

$$A_i = M_i (\max) \cdot Q_i (\max) \quad (9)$$

## 5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Локација 1. Београдска улица; постоје два пешачка прелаза. Према претходно описаној методологији добијени су следећи резултати:

Табела 2. Преглед основних параметара на локацији 1 – Београдска улица

Параметар	Пешачки прелаз	
	1	2
$A_i$ ( $m^2$ )	26,5	87,5
$Z_{i-3}$ (s)	36	36
$T_{si}$ ( $m^2 \cdot s$ )	901	2537
$N_{ped}$ (pes/ciklus)	37	41
$T_{wi}$ (s)	19,62	28,34
$T_{wi}$ (p-s)	1530	2210
$M_i$ ( $m^2/pes$ )	0,58	1,14

Табела 3. Критеријум за ниво услуге саобраћајнице пешака

Ниво услуге	Јединични простор ( $m^2/pes$ )	Средња брзина ( $m/min$ )	Интензитет тока ( $pes/min/m$ )	Релација (ток/капацитет)
A	$\geq 12,0$	$\geq 79$	$\leq 7$	$\leq 0,08$
B	$\geq 3,7$	$\geq 76$	$\leq 23$	$\leq 0,28$
C	$\geq 2,2$	$\geq 73$	$\leq 33$	$\leq 0,40$
D	$\geq 1,5$	$\geq 68$	$\leq 49$	$\leq 0,60$
E	$\geq 0,5$	$\geq 60$	$\leq 82$	$\leq 1,00$
F	$< 0,5$	$< 46$	варира	

Извор: (НСМ 2000)

С обзиром да је раскрсница регулисана и условљена радом светлосних сигнала, долази до појаве плотуна пешака, те се, такође према претходно наведеној методологији, уочава следеће:

Табела 4. Преглед основних параметара за плотун пешака на локацији 1 – Београдска улица

Параметар	Пешачки прелаз	
	1	2
$A_i$ ( $m^2$ )	26,5	87,5
$R_{i+3}$ (s)	84	84
$Q_i$ (pes/min)	198	198
$M_i$ ( $m^2/pes$ )	0.13	0.44

**Табела 5.** Критеријум за ниво услуге плотуна пешачких токова

Ниво услуге	Јединични простор (m <sup>2</sup> /пеš)	Средња брзина (m/min)	Интензитет тока (пеš/min/m)	Густина (пеš /m <sup>2</sup> )
Е	≥ 1.25	≥ 1.0	≤ 75	≤ 0.8

Извор: (НСМ 2000)

Упоређујући резултате са базном дефинисаном табелом, долази се до закључка да је достигнути ниво услуге на оба пешачка прелаза, ниво услуге **Е**, док достигнути ниво услуге **Ф** уочен посматрајући плотун пешака који се појављује током трајања пешачке фазе.

Локација 2. Коларчева улица, Трг Републике; постоје два пешачка прелаза. Према претходно описаној методологији добијени су следећи резултати:

**Табела 6.** Преглед основних параметара на локацији 2 – Коларчева улица

Параметар	Пешачки прелаз	
	1	2
Ai (m <sup>2</sup> )	36	81
Zi-3 (s)	44	36
Tsi (m <sup>2</sup> -s)	1512	2592
Nped (pes/ciklus)	44	48
Tw <sub>i</sub> (s)	14,33	17,90
Tw <sub>i</sub> (p-s)	1319	1647
Mi (m <sup>2</sup> /pes)	1,1	1,5

Исто као и у претходном случају, с обзиром да је раскрсница регулисана и условљена радом светлосних сигнала, долази до појаве плотуна пешака, те се, такође према претходно наведеној методологији, уочава следеће:

**Табела 7.** Преглед основних параметара за плотун пешака на локацији 2 – Коларчева улица

Параметар	Пешачки прелаз	
	1	2
Ai (m <sup>2</sup> )	36	81
Ri+3 (s)	76	84
Qi (pes/min)	139	156
Mi (m <sup>2</sup> /pes)	0,25	0,5

Упоређујући резултате са базном дефинисаном табелом (табела 3), долази се до закључка да је достигнути ниво услуге на оба пешачка прелаза, ниво услуге **Е**, док достигнути ниво услуге **Ф** (табела 5), уочен посматрајући плотун пешака који се појављује током трајања пешачке фазе.

**пешачко острво:**

Према методологији НСМ-а, извршено је додатно истраживање на локацији 1 у Београдској улици, где се налази острво између два пешачка прелаза, при чему су анализом и обрадом података добијени следећи резултати:

**Табела 8.** Преглед основних параметара (пешачко острво) на локацији 1 – Београдска улица

Параметар	Пешачко острво
Ai (m <sup>2</sup> )	17.2
Ai(smetnje) (m <sup>2</sup> )	2.25
TS (m <sup>2</sup> -min)	29,8
Nped (pes/ciklus)	78
Mi (m <sup>2</sup> /pes)	0.19

Такође, као и у претходним случајевима, упоређујући резултате са дефинисаном базном табелом, долази се до закључка да је достигнути ниво услуге на пешачком острву ниво услуге **Ф**.

**6. ЗАКЉУЧАК**

У раду је истраживан ниво услуге пешачких токова, на посебним површима намењеним њиховом кретању, односно анализиран је ниво услуге на пешачким прелазима. Истарживање је извршено на 2 раскрснице, тј. на четири пешачка прелаза и једним пешачким острвом. Усвојена методологија обраде и прорачуна услова пешачких токова урађена је према препорукама НСМ-а 2000. Према резултатима на пешачким прелазима добијен је ниво услуге **Е**, док је достигнути ниво услуге **Ф** уочен такође на свим прелазима посматрајући плотун пешака који се појављује током трајања пешачке фазе. Појава плотуна карактеристичана је због режима саобраћаја на раскрсницама, односно због рада светлосних сигнала.

Свакодневница данашњег живота баца сенку на пешаке, и последњих деценија у први план избацује моторизоване токове. Упоредна трка напретка развоја аутомобилске индустрије са једне стране и путног и урбаног градитељства са друге стране, а у циљу што бржег и економско исплатљивијег просечног путовања, бацила је у заборав основни начин кретања - пешачење.

Уски пролази, недовољна ширина тротоара и пешачких стаза, све више остављају трага на квалитет данашњег живота. Истраживање које је спроведено само је мали показатељ да се губи контрола над основним принципима живљења, те је у блиској будућности неопходно знатно више пажње усмерити на немоторизоване токове, посебно у урбаним насељима, како би се успоставила већ одавно нарушена равнотежа и успоставила веза са основним људским потребама од којих је једна и кретање јединке. Поштујући основна начела пре свега хуманости, тражећи утемељење у концепту одрживости и Вунерф идејама, неопходно је пре свега више обратити пажњу на остале саобраћајне токове, нудећи пре свега промене у осећају, пажњи, доживљају амбијента раскрснице, као и подизању нивоа безбедности. Деловање урбане околине на човека веома је сложено и представља комплексан процес којем учествују многе променљиве величине. Простор града који омогућава живу повезаност између себе и својих становника, што подразумева његове многоструке и богате креативне активности, морао би бити циљ; град не би смео бити начињен за један тип становника, већ за мноштво људи различитих потреба и схватања, темперамената и позива, јер поред пешака постоје и друге рањиве категорије учесника у саобраћају, на које ће бити усмерена пажња у наредним истраживањима.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Anuj Jaiswal, Jitendra Singh Yadav, , Raman Nateriya International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), (June-2015), Modelling Pedestrian Overall Satisfaction Level at Signalised Intersection Crosswalks.
- [2] Javno preduzeće Putevi Srbije, Beograd, (2012), Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji - Funkcionalni elementi i površine puteva - pešačke površine i površine za hendikepirane
- [3] Michael R. Bloomberg, Mayor City of New York Amanda M. Burden, Director NYC Department of City Planning, (April 2006), New York City Pedestrian Level of Service - Study Phase I
- [4] Закон о безбедности саобраћаја на путевима, (2009), Службени гласник Републике Србије бр. 41/09, 53/10, 101/11.
- [5] Nagui M. Roupail, Professor, P.I. Joseph E. Hummer, Associate Professor, co-P.I. Joseph S. Milazzo II, Research Assistant, The University of North Carolina - Highway Safety Research Center Chapel Hill, (1998), Capacity Analysis of Pedestrian and Bicycle Facilities Task Order 8: Pedestrian-Bicycle Research Program
- [6] National Research Council, Washington, D.C. TRB, (2000), Highway Capacity Manual.
- [7] Norm Steinman, A.I.C.P. Charlotte Department of Transportation, (2003), A Methodology to Assess Design Features for Pedestrian and Bicyclist Crossings at Signalized Intersections
- [8] Sacramento Area Council of Governments, (June 2011), Application of New Pedestrian Level of Service Measures
- [9] Тубић В.,(2013). Истраживање саобраћајних токова – писана предавања. Београд: Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду
- [10] Zsuzsanna Kovács Igazvölgyi BME Department of Highway and Railway Engineering, (2009), Pedestrian's level of service at zebra crossings

## KALENDAR SKUPOVA

### NACIONALNI I REGIONALNI STRUČNI SKUPOVI:

**SYMOPIS 2016 - XLIII simpozijum o operacionim istraživanjima**  
20. - 23. septembra 2016.g. Tara, Srbija  
<http://www.symopis2016.mod.gov.rs/>

**ICTTE Belgrade 2016**  
24-25 November 2016 Belgrade  
<http://www.ijtte.com/>

### INTERNACIONALNI SKUPOVI:

**2016 European Transport Forum**  
27 September 2016, Brussels  
<http://www.europeantransportforum.eu/>

**Vth International Congress of Road Safety**  
September 28-30, 2016, St. Petersburg (Russia)  
<http://road-safety.ru/en/>

**European Transport Conference**  
October 5-7, 2016, Barcelona (Spain)  
<http://etcproceedings.org/>

**3rd International Conference on Transportation Geotechnics**  
04-07 September 2016, Guimarães, Portugal  
<http://www.civil.uminho.pt/3rd-ICTG2016/index.php>

**23rd ITS World Congress**  
10-14 October 2016, Melbourne, Australia  
[www.itsworldcongress2016.com](http://www.itsworldcongress2016.com)

**1st European Road Infrastructure Congress**  
18-20 October 2016, Leeds  
<http://www.erf.be/>

**18th World Meeting**  
New Delhi, 14 November 2017 - 17 November 2017  
<http://www.irfnet.ch/>

**Safety 2016 World Conference**  
September 18-21, 2016, Tampere (Finland)  
<https://www.thl.fi/fi/web/injury-prevention/safety-2016>

**23rd ITS World Congress**  
October 10-14, 2016, Melbourne (Australia)  
<http://www.itsworldcongress2016.com/>

**96th TRB Annual meeting**  
January 08-12, 2017, Washington (USA)  
<http://www.trb.org/Main/Home.aspx>

**International Congress on Transport Infrastructure and Systems**  
April 10-12, 2016, Rome (Italy)  
<http://tisroma.aiit.it/>

**World Conference on Pavement and Asset Management WCPAM2017**  
June 12-16, 2017, Milan (Italy)  
<http://www.wcpam2017.com/>

**BCRRA 2017, Tenth International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields**  
Athens (Greece), June 28-30, 2017  
<http://www.bcrra2017.com/>

**XVth International Winter Road Congress**  
February 20-23, 2018, Gdańsk (Poland)  
<http://www.piarc.org/>

### SAJMOVI:

**ASPHALTICA 2016**  
29- 30 October 2016, Verona, Italy  
<http://www.siteb.it/>

**BAUMA CHINA**  
22. - 25. November 2016 , Shanghai  
[www.bauma-china.com](http://www.bauma-china.com)

**Straßen und Verkehr Stuttgart**  
28. - 30. September 2016, Stuttgart, Germany  
[www.fgsv.de](http://www.fgsv.de)

**World Cities Summit | Fair for livable & sustainable cities**  
10. - 14. July 2016, Singapore  
[www.worldcitysummit.com.sg](http://www.worldcitysummit.com.sg)

**InnoTrans | Leading international trade fair for transport technology**  
20. - 23. September 2016, Berlin  
[www.innotrans.de](http://www.innotrans.de)

**CeMAT | International exhibition for materials handling, warehousing equipment and logistics**  
20. - 22. September 2016, Moscow, Russia  
[www.cemat-russia.ru](http://www.cemat-russia.ru)

**Traffic Safety Expo | Trade fair for traffic safety**  
18. - 21. October 2016, Muscat  
[www.omanexpo.com](http://www.omanexpo.com)

**InnoTrans | Leading international trade fair for transport technology**  
20. - 23. September 2016. Berlin  
[www.innotrans.de](http://www.innotrans.de)

**Intertraffic | Trade fair for traffic and transport**  
24. - 26. May 2017, Istanbul  
[intertrafficanbul.com](http://intertrafficanbul.com)

**Intertraffic Amsterdam**  
20. - 23. March 2018 | Trade fair for traffic and transport  
[www.amsterdam.intertraffic.com](http://www.amsterdam.intertraffic.com)

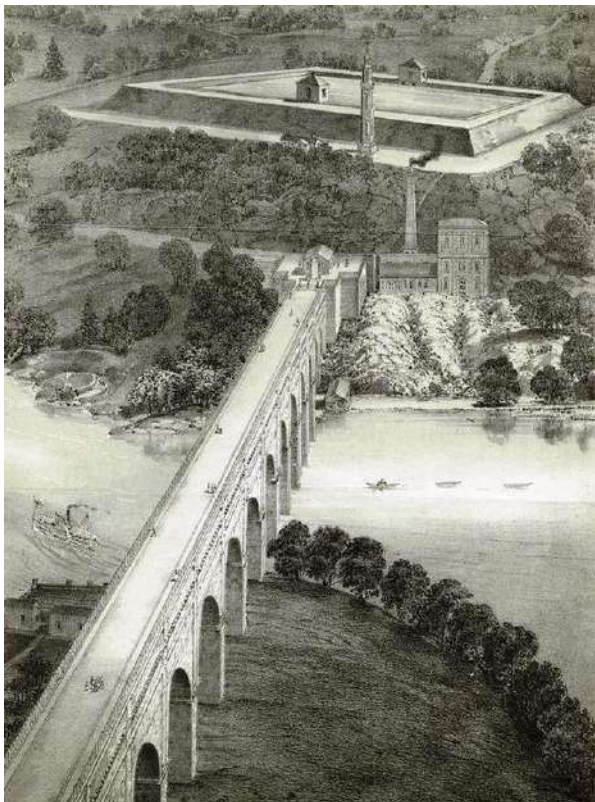
**EPA Congress and Exhibition**  
20. - 22. September 2017 | Rotterdam  
[www.epacongress.eu](http://www.epacongress.eu)

**ExCon Bangalore**  
12. - 16. December 2017 | Trade fair on Construction Equipments & Construction Technology  
[www.excon.in](http://www.excon.in)

## IZ ISTORIJE PUTARSTVA

### Najstariji most u Njujorku ponovo otvoren nakon 40 godina

Čuveni most u Njujorku je konačno, ponovo otvoren za javnost. Njegova gradnja započeta je 1837.godine, a završena nešto više nakon jedne decenije 1848.godine.



Dizajn mosta podseća na rimske akvadukte, što ne čudi, s obzirom na to da je nekada imao važnu ulogu u dopremanju sveže vode u grad. Haj bridž uskoro je postao omiljeno mesto turista, umetnika i fotografa.

Nakon 50 godina, severno od mosta otvoreno je harlemsko trkalište, izvor zabave za bogate građane koji su mogli da se trkaju svojim automobilima, a ništa manje popularna nije bila ni vožnja čamcem oko mosta. Struktura Haj bridža ojačana je 1927. godine, kako bi mogla da primi veće brodove na reci Hadson. Gvozdena armatura tada je zamenila nekoliko lukova.



## ZANIMLJIVOSTI

### Cement koji emituje svetlost

Kako bi se osvetlili putevi, autoputevi ili biciklističke staze, bez potrebe za električnom energijom, dr José Carlos Rubio sa Michoacan Univerziteta San Nicolas Hidalgo, UMSNH u Španiji, stvorio je cement koji emituje svetlost i ima životni vek od 100 godina.

“Pre devet godina, kada sam počeo ovaj projekat, shvatio sam da nema ničeg sličnog na svetu i tako sam započeo da radim na njemu. Glavni problem je bio taj što je cement neprozirno telo koje ne dozvoljava svetlosti da dopre unutar njega”, naglasio je dr Rubio.

On je objasnio da je uobičajeni cement prašina i da se kada se doda u vodu rastvara kao šumeća tableta. „U tom trenutku počinje da postaje gel“, sličan onom koji se koristi za oblikovanje kose, ali mnogo jači i otporniji, dok se istovremeno formiraju kristalne pahuljice, i ovo su neželjeni nusprodukti očvrstlog cementa“.

Zbog toga se istraživač fokusirao na modifikaciju mikro-strukture cementa u cilju otklanjanja kristala i čineći ga u potpunosti gelom, pomažući da apsorbuje sunčevu energiju i potom vrati u sredinu kao svetlo.



Dr Rubio je saopštio da je u 2015., globalna proizvodnja cementa bila oko 4 milijarde tona, pa shodno tome ovaj novi materijal može imati široko komercijalno tržište. Od jutra pa sve tokom dana, zgrada, put, autoput ili struktura koja je napravljena od ovog novog cementa može apsorbovati sunčevu energiju i emitovati je u toku noći oko 12 sati. Istraživač Rubio rekao je da je većina fluorescentnih materijala izrađena od plastike i da imaju u proseku životni vek od 3 godine, jer se raspadaju od UV zraka. Međutim, ovaj novi cement je otporan na sunčeve zrake i životni vek se procenjuje na 100 godina.

Osim toga, ekološki je jer je napravljen od peska, prašine ili gline koja postaje gel, a tokom njegovog stvaranja jedini ostatak je vodena para. Trenutno, postoji u plavoj i zelenoj boji, a intenzitet svetla se može regulisati da bi se izbeglo „zaslepljivanje“ vozača ili biciklista, ili nepotreban odsjaj.

Ovaj meksički projekat inspirisao je i druge zemlje da slede ovaj pravac istraživanja. „Zbog ovog patenta (prvi za ovaj Univerzitet), drugi su se pojavili širom sveta. U Velikoj Britaniji, dobili smo priznanje od Newton fonda, koje daje Kraljevska inženjerska akademija iz Londona (Royal Engineering Academy of London), koja bira uspešne projekte na globalnom nivou iz oblasti tehnologije i poduzetništva.“

Trenutno je ovo istraživanje u prelaznoj fazi i fazi komercijalizacije. Takođe se razvija i uključivanje maltera i drugih građevinskih proizvoda u istraživanje.

### Vučić: Autoputem mira povezati Srbe i Albance



"To će biti autoput mira i verujem da će biti najbolja veza između Beograda i Prištine i pozivamo EBRD da nam pomogne", rekao je Vučić u obraćanju na Investicionom samitu Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD), koji se održava u Londonu. Premijer Srbije je razgovarao i sa predsednikom EBRD Sumom Čakrabartijem.

### Mihajlović i Bulc: Prioritetna gradnja autoputa Niš-Drač



"Ovaj autoput je od izuzetnog značaja za region. Jedna traka autoputa Niš-Priština za saobraćaj u oba smera biće gotova do 2023. godine", rekla je Mihajlović nakon sastanka sa Bulc na marginama Investicionog samita Zapadnog Balkana koji organizuje Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD) u Londonu.

### 7 ponuda za obilaznicu oko Dimitrovgrada



Na tenderu za nastavak gradnje obilaznice oko Dimitrovgrada na istočnom kraku Koridora 10 stiglo je sedam ponuda. Na obilaznici oko Dimitrovgrada je ostalo da se izgradi još 5,8 km autoputa u punom profilu, kao i da se završi gradnja sedam mostova od 20 do 500 m.

### Rekonstrukcija puteva u Zapadnoj Srbiji



Do kraja 2016. godine biće obnovljeno 1100 km puteva, a radovi će biti finansirani sredstvima EBRD i Vlade Srbije. Biće rekonstruisani sledeći putevi: Užice-Kratovska stena, Mrčajevci-Kraljevo, Topola-Bučin Grob, Rogačica 2-Bajina Bašta i Mali Zvornik-Ljubovija-Užice. Vrednost projekta iznosi 400 miliona evra.

### Novi Koridor 10 već pun rupa



Deonica Koridora 10 od Niša do Pirota kod Crvene Reke, koja je svečano otvorena krajem decembra, nije završena i zbog brojnih oštećenja koja su na njoj već vidljiva, stručnjaci kažu da će isti put opet morati da bude rađen. Stručnjaci kažu da će sloj koji nedostaje morati da sačeka bolje vremenske uslove.

### Turski investitori zainteresovani za izgradnju tri putne deonice u Srbiji



Turski investitori posebno su zainteresovani za tri infrastrukturna projekta sa kojima su se upoznali u predstavljenoj Knjizi projekata Ministarstva. U pitanju su, pre svega, izgradnja deonice Pojate-Prelljina, Beograd-Zrenjanin i Novi Sad - Ruma.

### Putevi do vetroelektrana



Predsednik Opštine Alibunar Predrag Belić i projekt menadžer belgijske kompanije WindVision, Lazar Lazendić potpisali su ugovor o finansiranju i izvođenju radova na izgradnji i rekonstrukciji nekategorisanih puteva u obuhvatu budućih Vetroelektrana Alibunar 1 i 2.

### U planu 20 infrastrukturnih projekata



U 2016. godini u planu je realizacija 20 ključnih infrastrukturnih projekata u Srbiji, ukupne vrednosti oko 14 milijardi dinara (117 miliona evra), objavilo je Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture. U planu je izgradnja 90,7 km autoputa, rehabilitacija 1.100 km puteva, gradnja mosta Ljubovija-Bratunac....

### Najviše za putnu infrastrukturu



Tutinska opština sledeće godine u svom budžetu imaće 987.990.345 dinara. Tim sredstvima finansiraju se 15 programa i u okviru njih desetak programa. Prema planiranim izdvajanjima, centralno mesto zauzima putna infrastruktura. Za ovaj program planirano je ulaganje od 233,3 miliona dinara.

### Kinezi otkazali većini radnika na Bar-Boljari



Kineska korporacija za izgradnju puteva i mostova (CRBC), glavni izvođač radova na autoputu Bar - Boljari, uručila je u utorku otkaze većini radnika koje je angažovala od kada su počeli pripremni radovi u maju. Kinezi su radnicima kazali da neće raditi veće poslove i da nema potrebe za produžavanjem ugovora o radu.

### Zakazali referendum zbog izgradnje petlje Petlovo brdo



Izgradnja petlje Petlovo brdo, koja već godinama tapka u mestu, biće nastavljena po revidiranom projektu, odlučili su predstavnici Evropske investicione banke (EIB), dok nezadovoljni žitelji nekoliko obližnjih naselja najavljuju - referendum! Prvobitnim projektom bila je predviđena seča više od hiljadu stabala, a "revidiranim" maksimalno 261

### U Reljkovićevoj ullici kuće pucaju zbog kamiona



Buka, gust saobraćaj, urušavanje kuća, sve su to problemi koji muče meštane Reljkovićeve ulice u Petrovaradinu. Reljkovićeve izlazi na Žeželjev most, tako da je teretni saobraćaj konstantan, a izgradnja zaobilaznog puta ostala je neispunjeno obećanje.

### U planu izgradnja mosta preko Tamnave u opštini Koceljeva



Opština Koceljeva raspisala je 12. februara javni poziv za izvođenje radova na izgradnji mosta preko reke Tamnave (naselje Zukve-Batalage). Rok izvođenja radova je do 90 kalendarskih dana od dana uvođenja u posao, dok je garancija do 24 meseca od dana primopredaje radova.

### Koridor 5C - vrata za ulaz turista u BiH



Opština Odžak prošle godine bila je jedno od najvećih gradilišta u Bosni i Hercegovini. Zahvaljujući koridoru 5C, Odžak će predstavljati severna vrata BiH što će ovoj maloj sredini dati više značaja. Načelnik Odžaka rekao je kako je u toku izgradnja mosta, kao i da je u prošlog godini izgrađeno 11 km koridora 5C i deo zaobilaznice.

### Otvoren most EU na Resavi kod Svilajнца



Zamenik šefa Delegacije EU u Srbiji Oskar Bnedikt, direktor Kancelarije za upravljanje javnim ulaganjima Marko Blagojević i predsednik opštine Svilajnac Predrag Milanović, danas su, simboličnim presecanjem vrpce, pustili u saobraćaj novi most preko reke Resave na lokalnom putu Jasenovo - selo Subotica.

### Vučić otvorio radove na izgradnji mosta preko Ostružnice!



Izgradnja mosta preko reke Save kod Ostružnice, od petlje "Dobanovi" do petlje "Orlovača", dužine 1.964 m, počela je danas, a radovi bi trebalo da budu završeni za 26 meseci. Vrednost projekta je 3,57 milijardi dinara. Glavni izvođač radova je austrijski Štrabag.

### Konačno: Izgradnja petlje Nova Pazova



JP Putevi Srbije raspisalo je poziv za dostavljanje ponuda za projektovanje i izgradnju petlje Nova Pazova, u okviru projekta autoputa i obilaznice oko Beograda. Radovi se obavljaju pod saobraćajem, a vreme za završetak radova je 240 kalendarskih dana. Rok za dostavljanje ponuda je 9. mart 2016. Godine.

### Raspisan tender za radove na istočnom kraku Koridora 10

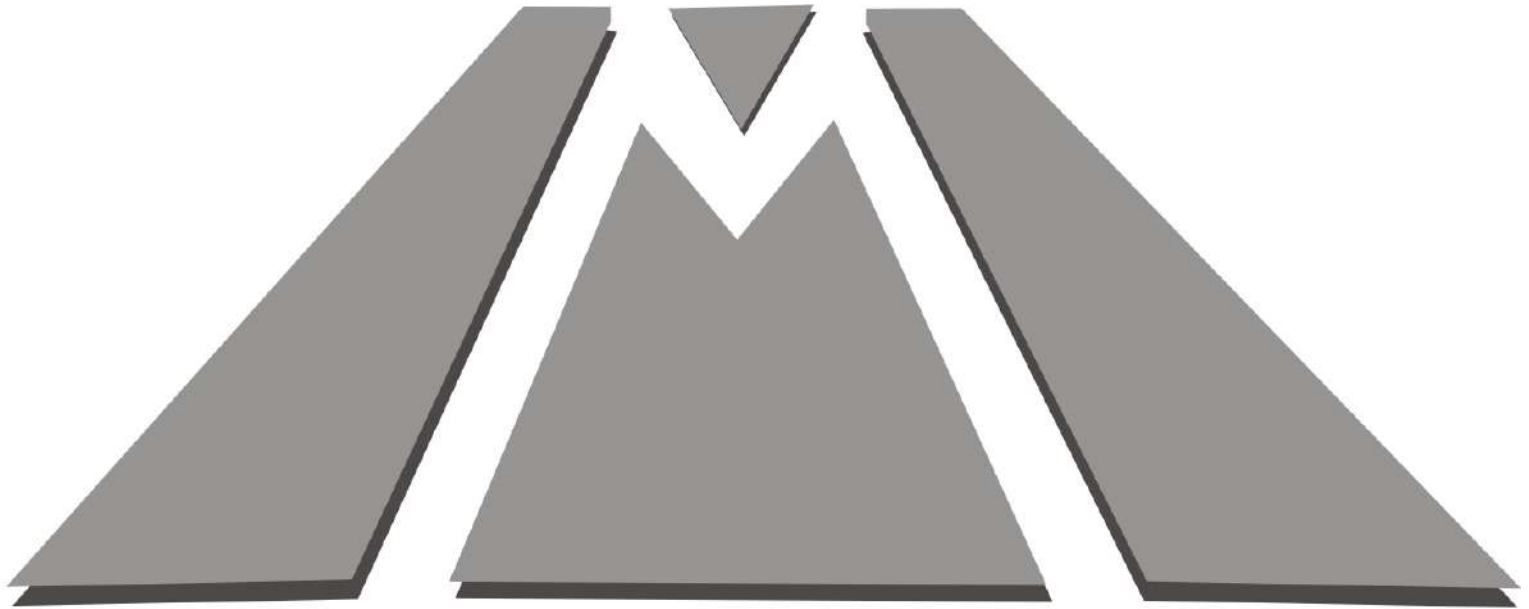


U "Koridori Srbije" raspisali su tender za preostale radove na izgradnji puta i mostova na obilaznici oko Dimitrovgrada, na istočnom kraku Koridora 10. Uz ponudu je obavezna garancija od 400.000 evra. Rok za izgradnju puta i mostova na obilaznici oko Dimitrovgrada je 300 dana, a dužina deonice je 5,8 kilometara.

### Други српски конгрес о путевима

Српско друштво за путеве | VIA-VITA | је изузетно успешно организовало “ДРУГИ СРПСКИ КОНГРЕС О ПУТЕВИМА” у Београду, 9-10. јуна 2016, у хотелу Crowne plaza. У наставку су приказане слике са конгреса.





# SIMM inženjering



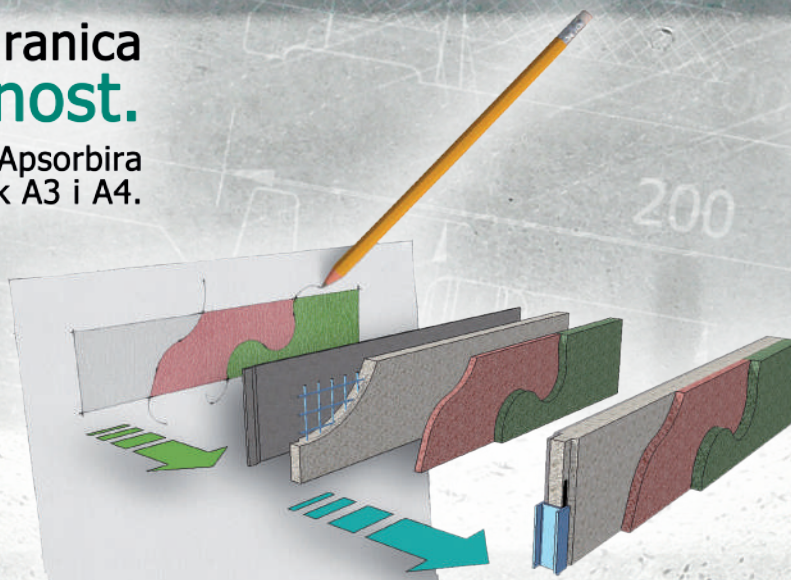
Naše betonske  
zaštitne barijere su  
**fleksibilne i čvrste.**

Odaberite odgovarajući sistem  
zaštite saobraćaja.



Jedina je granica  
**vaša kreativnost.**

Sada vaš dizajn Apsorbira  
zvuk A3 i A4.



**DELATABLOC International GmbH**  
Lendavska 11  
9000 Murska Sobota, Slovenija

P: +386 817 101 35  
M: +386 41 788 886  
F: +386 817 101 93  
office@deltabloc.rs  
www.deltabloc.rs



**PUTEVI IVANJICA d.o.o.**  
Javorska 55  
32250 Ivanjica, Srbija

P: 063 7700 533  
F: 032661820  
www.putevi-ivanjica.rs



# PUT- INŽENJERING PODGORICA

“PUT-INŽENJERING” obavlja sledeće segmente poslovanja:


- Projektovanje puteva i putnih objekata.
- Projektovanje gradskih saobraćajnica.
- Projektovanje saobraćajne signalizacije i opreme.
- Istraživanja iz oblasti saobraćaja.
- Izrada studija opravdanosti.
- Izrada saobraćajnih studija.
- Izrada geodetskih podloga.
- Razvoj softvera.
- Revizija tehničke dokumentacije.
- Izvođenje objekata niskogradnje.
- Izvođenje manjih stambenih i poslovnih objekata.
- Nadzor nad izvođenjem objekata.


## KONTAKT


### Adresa:

Trg Republike 25.  
81000 Podgorica, Crna Gora.

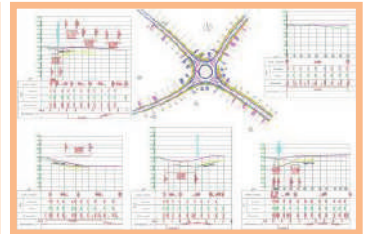
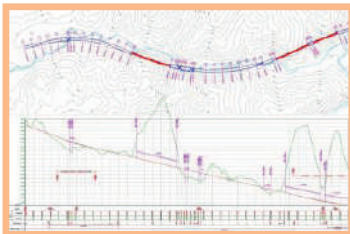
### Telefon/Fax:

 +382 69 077-963

 +382 20 667-265

 +382 20 664-894

E-mail: [puting@t-com.me](mailto:puting@t-com.me)



## Institut za građevinarstvo "IG" Banja Luka

Naučno istraživački institut

Br. reg. uplsa:  
U/I-1-11425-00  
Osnovni sud Banja Luka

Matični broj:  
1928694

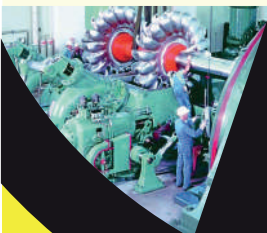
PDV broj:  
400918310005

JIB 4400918310005



Banja Luka, Kralja Petra I Karađorđevića 92-88  
tel: 00387(0)51348-367; 533-380 fax:  
00387(0)51348-372;  
e-mail: info@igbanilug.com; igz@blic.net

Poslovni centar:  
Banja Luka,  
Trebinja,  
Doboj,  
Bjelina



## Znanje i stručnost

Firma "Via Projekt" d.o.o je osnovana 2001. godine. Sedište firme se nalazi u Ustaničkoj ulici 128a u Beogradu, u Poslovnom centru Košum.

Sa svojih 14 stručnjaka u stalnom radnom odnosu, za proteklih 13 godina firma je bila angažovana na vrlo velikim, značajnim projektima od interesa za gradove i Republiku.

Poštujući investitore, a ceneći znanje i stručnost, u proteklom periodu uradeno je:

- 200 km projekata rehabilitacije magistralne i regionalne mreže puteva
- 40 idejnih i glavnih projekata mostova
- 50 projekata raskrsnica
- 100 projekata trajne i privremene saobraćajne signalizacije
- 20 projekata sanacije klizišta
- 30 projekata poboljšanja opasnih mesta
- više projekata platoa, parkinga, prilaza, uređenja površina...

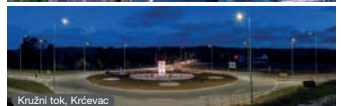
### Navodimo neke od bitnijih projekata:

- Izrada glavnog građevinskog projekta na magistralnom putu M-21, deonica: Borova Glava - Uvac, od km 258+552,00 do km 276+125,00- L=17,57 km
- Izrada glavnog projekta rehabilitacije puta M-21, deonica: Uvac - Nova Varoš, L=10 km
- Izrada idejnih i glavnih projekata 6 mostova na deonici Borova Glava - Uvac
- Izrada tehničke dokumentacije radova na pojačanom održavanju (poboljšanju) javnog puta M-22, Ušće - Biljanovac, L=14,63 km
- Izrada projektne dokumentacije za nivo generalnog i glavnog projekta rekonstrukcije magistralnog puta Nikšić - Podgorica, deonica: Paprati - Bogetići

Gore: M-21, deonica Uvac - Nova Varoš



Kružna raskrsnica, Prejina



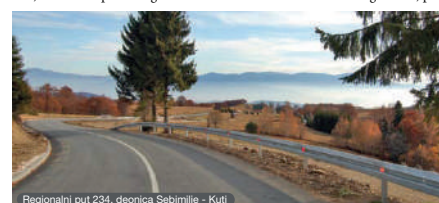
Kružni tok, Krčevac

- Izrada glavnog projekta regionalnog puta R-226, deonica: Kraljevo - Čačak, L= 12 km
- Izrada izmene projekta rehabilitacije puta M-5, Kraljevo - Kruševac, L= 37 km

Pored projektovanja, firma je angažovana i na kontroli - nadzoru nad izvođenjem građevinskih radova.

Okako formirano preduzeće "Via Projekt" d.o.o ima potrebnu opremu i stručnjake za samostalno obavljanje većine poslova.

Trudeći se da se ne samo održi korak sa drugim firmama, već i da se radi sa novim tehnologijama, standardima i dostignućima, prihvatamo i nudimo raznovrsnu saradnju, kako investitorima, tako i izvođačima i projektantskim kućama, uz napomenu da imamo kontakte i ponude za saradnju sa značajnim firmama iz Italije, Španije i Crne Gore.



Regionalni put 234, deonica Sebitilje - Kuti

### "VIA PROJEKT" d.o.o.

Ustanička 128a, 11000 Beograd

Tel/faks: +381 11 347 41 84

+381 11 347 41 85

+381 11 304 88 86

viaprojekt@viaprojekt.rs

AUTO MOTO SAVEZ SRBIJE  
CENTAR ZA MOTORNA VOZILA D.O.O.  
Sektor bezbednosti saobraćaja



## Oprema

Mercedes Benz Vito 109 CDI, 70 kW

Sistem snimanja i analize CAMSS razvijen u AMSS CMV

Sistem prepoznavanja znakova razvijen u AMSS CMV

Četiri kamere na krovu vozila, GPS, odometar

Kamera za merenje retrorefleksije i merenje luminiscencije

Godina	Zemlja/region	vrsta puta	dužina puta
2010	Slovenija	prsten oko LJ.	100 km
2010	Moldavija	državni put	3000 km
2011	Holandija	regionalni put	2000 km
2012	Ukrajina	državni put	2500 km
2012	Holandija	regionalni put	5000 km

