

Уређивачки одбор:

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

др Игор Јокановић, дипл. грађ.инж.
Архитектонско-грађевински факултет Универзитет у Бања Луци
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
мр Новица Стевановић, дипл. грађ.инж.
Саобраћајни Институт ЦИП, Београд

Светозар Миленковић, дипл.инж.геол.
Институт за путеве, а.д., Београд

Miloš Mladenović, M.Sc.B.Sc.
Virginia Tech Transportation Institute, Blacksburg

мр Небојша Кнежевић, дипл. инж.техн.
Институт за грађевинарство "IG", Бања Лука
мр Слободан Станаревић, дипл. грађ.инж.
Институт за грађевинарство "IG", Бања Лука
мр Симеун Матовић, дипл. грађ.инж.
Симм-инжињеринг, Подгорица

мр Бориљко Алексић, дипл. инж. саоб.
Институт за путеве, а.д., Београд
Владан Тасић, дипл. инж. хидрогеологије
Институт за путеве, а.д., Београд

Горан Шеница, дипл. грађ. инж.
Институт за путеве, а.д., Београд

Момчило Вељовић, дипл. грађ.инж.
Ј.П. Путеви Србије, Београд

Дејан Весић, дипл. грађ.инж.
Институт за путеве, а.д., Београд

Главни и одговорни уредник:

др Драженко Главић, дипл. инж.саоб.

Технички уредник:

Бранислав Бањац, дипл. инж. саоб.

Лектура и коректура:

Мр Јелена Добриловић, проф.

Маркетинг и односи с јавношћу

Тамара Мотренко, дипл.фил.

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
е-mail: putisaobracaj@via-vita.org.rs putisaobracaj@gmail.com

Претплата за часопис: Претплату за часопис уплатити на рачун Српског друштва за путеве 355-1002423-53, а огласе и радове слати на putisaobracaj@via-vita.org.rs.

Годишња претплата за 2013.г.: За правна лица 4 примерка часописа 25.000 динара. За иностранство 50 ЕУР/1 примерак.

Резимеи и део текстова који се објављују у часопису могу се читати и претраживати и на интернету, на сајту Српског друштва за путеве: www.via-vita.org.rs/, и на сајту <http://scindeks.nb.rs/>

Насловна страна: The Judge Harry Pregerson Interchange in Los Angeles

Тираж: 600 примерака,

Штампа: „АТЦ – Штампа и издаваштво“ - Београд

Пут и саобраћај

Journal of Road and Traffic Engineering

ЧАСОПИС СРПСКОГ ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ

Број 1 • Јануар-Март 2013 • Година LIX

VIA – VITA!

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 1

Српско друштво за путеве | VIA-VITA | у Мају 2013. организује "59 редовну годишњу Скупштину Српског друштва за путеве | VIA-VITA |". Ускоро више о месту и тачном датуму на www.via-vita.org.rs/

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 2

Српско друштво за путеве | VIA-VITA | у Мају 2013. организује стручни скуп са темом "Законска регулатива и стандарди у путоградњи". Ускоро више о месту и тачном датуму на www.via-vita.org.rs/

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 3

На сајту СДП VIA-VITA www.via-vita.org.rs се налази word template (на српском и енглеском) за писање рада као и Технички захтеви и упутство ауторима. Исти се могу скинути са сајта www.via-vita.org.rs потенцијалне ауторе радова упућујемо да посете сајт и скину наведена фајлове.

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 4

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

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 5

Српско друштво за путеве | VIA-VITA | у Априлу/Мају 2014. организује "ПРВИ СРПСКИ КОНГРЕС О ПУТЕВИМА". Ускоро више о месту и тачном датуму на www.via-vita.org.rs/

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 6

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 у часопису, све информације можете добити на е-mailом на putisaobracaj@via-vita.org.rs

ОБАВЕШТЕЊЕ бр. 7

Стални корисници, претплатници и финансијери часописа „Пут и саобраћај“ су: Министарство за инфраструктуру Србије; 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; Ј.П. Дирекција за грађевинско земљиште и изградњу Београда; Градски секретаријат за саобраћај Београд, Урбанистички завод Београда, COWI d.o.o., СЕР d.o.o., Београдпут, Саобраћајни институт СР Београд; Академија ИАС; Привредна комора Србије; Предузеће „Србија пут“ а.д.; ПЗП „Београд“ а.д.; 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 Ниш; Факултет техничких наука Нови Сад; „Ратко Митровић - Нискоградња“ Београд; „Партизански Пут“ Београд; „Боја“, Суботица, Стандард логистик Београд, Транспетрол Београд, итд.

Пут и саобраћај

ЧАСОПИС СРПСКОГ ДРУШТВА ЗА ПУТЕВЕ

Број 1

Јануар - Март 2013 • Година LIX

САДРЖАЈ

Doc. dr. Aleksandar Stevanović
dr Kameron Kergaie
Džon Haigwood, DIS

Procena surogat koristi od bezbednosti primenom adaptivnih sistema kontrole saobraćaja

5

Prof. dr Vuk Bogdanović, dipl. ing. saob.
MSc Nenad Saulić, dipl. ing. saob.
MSc Nenad Ruškić, dipl. ing. saob.
Mr Biljana Ivanović, dipl. ing. građ.
MSc Vladimir Ilin, dipl. ing. saob.

Analiza karakteristika vremenskog intervala sleđenja na semaforisanim raskrsnicama

19

mr Невена Вајдић, дипл.инж.грађ.
др Горан Младеновић, дипл.инж.грађ.
др Cesar Queiroz, дипл.инж.

Процена минималне висине путарине за путне концесије

25

prof. dr Krsto Lipovac, dipl. inž. saob.
doc. dr Dalibor Pešić, dipl. inž. saob.
Nenad Marković, dipl. inž. saob.
M. Sc. Marko Trifunović, dipl. inž. saob.

Uporедna analiza uticaja rehabilitacije državnog puta prvog i drugog reda na brzine

31

др Драженко Главић, дипл.инж.саоб.
mr Слободан Станаревић, дипл.грађ.инж.
mr Небојша Кнежевић, дипл.инж.технол.

Студије оправданости специфичних пројеката – обилазнице градова
- пример случаја Студија оправданости обилазнице
Котор Вароши -

37

Немања Недељковић, мастер инж. саоб.
Др Владан Тубић, дипл. инж. саоб.

Методолошки оквир за примену вишеатрибутивног вредновања у процесу одабира најповољније варијанте коридора аутопута

47

др Светлана Чичевић, дипл. психолог,
Александар Трифуновић, дипл.инж. саоб.

Ставови корисника ауто-пута према електронској наплати путарине

57

Mirsada Uglič, dipl. građ. inž.

Sistem kvaliteta

63

mr Јелена Добриловић, проф.; виши библиотекар

Научни часопис пут и саобраћај и његов значај

67

Др Љубомир Рокић, проф. емеритус

Генеза клизишта на десној обали Дунава код Новог Сада

71

Journal of Road and Traffic Engineering

SERBIAN ROAD ASSOCIATION

Number 1

January-March 2013 • Year LIX

CONTENTS

Aleksandar Stevanovic, Ph.D.
Cameron Kergaye, Ph.D.
John Haigwood, Traffic Engineer

Assessment of surrogate safety benefits of an adaptive traffic control system

5

Vuk Bogdanovic, Ph.D. T.E.
Nenad Saulić Msc, BSc. T.E.
Nenad Ruškić Msc, BSc. T.E.
Biljana Ivanovic, BSc. C.E.
Vladimir Ilin MSc, BSc. T.E.

Analysis of gap characteristics at signalized intersections

19

Nevena Vajdić, M.Sc., C.Eng.
Goran Mladenović, PhD, C.Eng.
Cesar Queiroz, PhD, C.Eng.

Estimating minimum toll rates for road concessions

25

Krsto Lipovac, Ph.D. T.E.
Dalibor Pešić, Ph.D. T.E.
Nenad Marković, B. Sc. T.E.
Marko Trifunović, M. Sc. T.E.

Comparative analysis of influence of road rehabilitation at roads of first and second order to speeds

31

Drazenko Glavic, Ph.D. T.E.
Slobodan Stanarević, M.Sc. C.E.
Nebojsa Knezevic, M.Sc. Technology

Feasibility study of specific projects – city bypass

- Feasibility case study of Kotor Varos bypass -

37

Nemanja Nedeljković, M.Sc. T.E.
Vladan Tubić, Ph.D. T.E.

Methodological framework for applying multi-attribute decision making in the process of motorway corridor selection

47

Svetlana Čičević, Ph. D. Psychologist,
Aleksandar Trifunović, B.Sc. T.E.,

User attitudes towards electronic toll collection systems

57

Mirsada Uglič, B.Sc. C.E.

System of quality

63

M.Sc. Jelena Dobrilović, prof.; senior librarian

Scientific Journal of Road and Traffic Engineering and it's significance

67

Ljubomir Rokić, Ph. D., Professor Emeritus

Origins of landslide the Danube river near Novi Sad

71

IN MEMORIAM dr Ljubomir – Petar – Rokić, Prof. emeritus

80

Календар скупова, историја путарства, занимљивости

81

Новинске вести из путоградње

83

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 публикации

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 сажети садрже 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.via-vita.org.rs или на <http://scindeks.nb.rs>. Чланови Уређивачког одбора и редакције часописа, нису у обавези да сређују литературу, већ су аутори у обавези да се придржавају упутства. Текстове и друге прилоге доставити у дигиталној форми на email putisaobracaj@via-vita.org.rs или putisaobracaj@gmail.com

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:

Мурављов, 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 периодичне 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)

ASSESSMENT OF SURROGATE SAFETY BENEFITS OF AN ADAPTIVE TRAFFIC CONTROL SYSTEM

Aleksandar Stevanovic

Assistant Professor, Civil Engineering, Florida Atlantic University, Boca Raton FL, USA, e-mail: astevano@fau.edu

Cameron Kergaye

Director of Research, Utah Department of Transportation, Salt Lake City UT, USA, e-mail: kergaye@utah.gov.

John Haigwood

Traffic Engineer, Utah Department of Transportation, Salt Lake City UT, USA, e-mail: jhaigwood@utah.gov.

Submitted to the 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, September 14-16, 2011, Indianapolis, USA

PROCENA SUROGAT KORISTI OD BEZBEDNOSTI PRIMENOM ADAPTIVNIH SISTEMA KONTROLE SAOBRAĆAJA

Aleksandar Stevanović

Docent, Florida Atlantic University, Boca Raton FL, USA, e-mail: astevano@fau.edu

Kameron Kergaie

Direktor istraživanja, Utah Department of Transportation, Salt Lake City UT, USA, e-mail: kergaye@utah.gov.

Džon Haigwood

Saobraćaj inženjer, Utah Department of Transportation, Salt Lake City UT, USA, e-mail: jhaigwood@utah.gov.

Prezentovan na 3. Međunarodnoj konferenciji o bezbednosti saobraćaja i simulacijama, Septembar 14-16, 2011, Indijapolis, SAD

Original scientific paper

Abstract: When Adaptive Traffic Control Systems are evaluated their safety benefits are rarely investigated. This 'lack of interest' in safety performance may be attributed to two major factors: 1) field assessments of safety improvements are impractical (i.e. time consuming and costly), and 2) methods for obtaining safety metrics from microscopic simulation models are uncommon. While collecting and analyzing field safety metrics (e.g. crash rates) remains operationally and analytically challenging, new tools are becoming available to provide surrogate safety measures based on microscopic simulation program outputs. The framework of this study uses a microsimulation model connected to Sydney Coordinated Adaptive Traffic System (SCATS) to generate vehicular trajectories which are fed into a Surrogate Safety Assessment Model. Real-world data from two Utah state routes are collected to reflect crashes before and after the adaptive system was deployed in 2006. The crash data are analyzed and compared to relevant surrogate safety measures to detect potential correlations between the two data sets. Results show that SCATS generates fewer rear-end and total conflicts than traditional traffic control while traditional control generates fewer crossing and lane-changing conflicts. Field crashes have increased in the last few years likely as a consequence of more numerous road construction activities. Correlation indicators between field crashes and simulated conflicts are not very strong but follow trends reported by other studies.

Keywords: adaptive traffic control, safety surrogate measures, microsimulation, crash statistics.

Originalni naučni rad

Rezime: Kada se adaptivni sistemi kontrole saobraćaja vrednuju, koristi od bezbednosti se retko istražuju. Ovaj "nedostatak interesovanja" za bezbednosne sapekte može se pripisati za dva glavna faktora: 1) terenske procene bezbednosnih poboljšanja su nepraktični (tj. dugotrajni i skupi), i 2) metode za dobijanje pokazatelja bezbednosti iz mikroskopskih simulacione modele su retki. Dok prikuplja i analizira na terenu pokazatelja bezbednosti (npr. cena SN) ostaje operativno i analitički izazovno, novi alati postaju dostupni koji mogu da obezbede parametre bezbednosti iz surogat mera na osnovu rezultata simulacije mikroskopskih programa. Okvir ove studije koristi microsimulation model povezan na Sidnejski koordinirani Adaptivni sistem saobraćaja (SCATS) da generiše saobraćajne putanje koje se ubacuju u surogat model za procenu bezbednosti. Realni podaci sa dva Utah državna puta se prikupljaju da prikažu stawe pre i posle adaptivnog sistema koji je instaliran 2006. Podaci o saobraćajnim nezgodama se analiziraju i upoređuju sa odgovarajućim surogat merama bezbednosti za otkrivanje potencijalne korelacija između dva skupa podataka. Rezultati pokazuju da SCATS generiše manje SN tipa. čelo-rep i ukupno konflikata nego tradicionalne kontrole saobraćaja, dok tradicionalni kontrola generiše manji broj SN uzrokovan prelazima iz saobraćajnih traka. Realni podaci o broju SN se povećaju u poslednjih nekoliko godina, verovatno kao posledica trajanja aktivnosti na izgradnji puteva. Korelacija između indikatora na terenu i simuliranih podataka nije veoma jaka, ali prati trendove registrovane i od strane drugih studija.

Ključne reči: adaptivna kontrola saobraćaja, zaštitne surogat mere, microsimulacije, statistika saobraćajnih nezgoda.

INTRODUCTION

There is a long history of Adaptive Traffic Control System (ATCS) evaluations, both in field and microsimulation (Stevanovic, 2010). However, when performance of an ATCS is evaluated the safety benefits of its signal timings are rarely evaluated and documented (Sabra et al., 2010). This 'lack of interest' in the safety performance of an ATCS may be attributed to two major factors: 1) field assessments of safety improvements are impractical (i.e. time consuming, costly, and possibly lacking definitive results), and 2) methods for obtaining safety metrics from microscopic simulation models are still uncommon.

Field safety assessments of traffic signal designs are often inconclusive because relationships between safety metrics (such as crash rates) and 'controlled' variables are often relatively low, even when 'controlled variables' (such as weather, geometrical design of the roads, and presence of work zones) have much higher impact on traffic safety than signal controllers' timings. Due to these problems very few studies have addressed impact of safety on signal timings on arterial roads. And until recently, there was no widely-available tool to estimate potential conflicts associated with various signal timing designs. Breakthrough research was initiated by the Federal Highway Administration (FHWA) (Gettman and Head, 2003) which led to development of the Surrogate Safety Assessment Model (SSAM) - software that calculates surrogate safety metrics based on conflicts between vehicular trajectories from traffic simulation outputs.

Numerous ATCS evaluation studies (see (Stevanovic, 2010) for a list of studies) show that ATCSs usually outperform conventional traffic signal systems. However, performance measures delivered by these evaluation studies rarely go beyond common metrics of traffic efficiency (such as delays, stops or travel times) and almost never include safety metrics. On the other hand, it is important to investigate impact of ATCSs on safety aspects of traffic performance. Do dynamically changing signal timings from ATCSs, by responding to fluctuations in traffic demand, increase 'disturbances' in traffic flows and maybe negatively impact safety? Or do these dynamic signal timings make traffic flows smoother with fewer stops and larger gaps enabling safer execution of conflicting movements? These are questions that have not been answered so far. Furthermore, most of these questions could not be answered through practical field data collections. Field crash data are difficult to correlate with signal timings due to noise from all other variables that may impact traffic safety. Thus, investigating the impact of ATCS signal timings on surrogate safety measures in a virtual and controlled environment,

where all other variables are kept constant, is a valid approach. By comparing ATCS signal timings with those delivered by conventional Time-of-Day (TOD) offline-developed signal timing plans one can understand the marginal impact of changes in signal timings on number and potential severity of conflicts.

Scant effort has been made to investigate impact of ATCS on safety metrics. While there is a promising ongoing project (sponsored by FHWA) to incorporate safety assessment into an ATCS (Sabra et al., 2010) this project is still in its initial stage; and practical importance of its findings needs to be evaluated in the future. In addition, there has not been a single study that evaluates safety surrogate performance of a major ATCS in microsimulation. This study bridges that gap in existing knowledge by evaluating benefits of Sydney Coordinated Adaptive Traffic System (SCATS) over a conventional TOD system in terms of surrogate safety measures. The study also briefly analyzes field data and draw conclusions between findings from microsimulation and the field.

LITERATURE REVIEW

Field Safety Evaluation of Traffic Signals

When evaluating impacts of traffic signals on road safety, impacts of signal phasing (e.g. left-turn phasing design; Brehmer et al., 2003) or physical structure of traffic signals (e.g. position and reflectivity; Miska et al., 2002) on road safety are more commonly investigated than impact of signal timings. A major exception is intergreen time (amber + all-red), as there is abundance of research on how amber and all-red timings impact red-light running problems. For more information on this topic readers should see, among other studies, the following research: Jenkins, 1969; Stimpson et al., 1980; Wortman and Matthias, 1983; Finlay, 1984; Stein, 1986; Green, 2000; Bonneson and Zimmerman, 2004; and Zimmerman and Bonneson, 2005.

When attempting to estimate the direct impact of modifying signal timings (other than intergreen) on road safety, current field practice (Howard/Stein-Hudson Associates, Inc., 2010) is to apply one of the crash reduction factors reported by FHWA (FHWA, 2008). However, this approach is not very reliable because crash reduction rates may be based on a limited number of research studies. This is further documented by the Highway Safety Manual (AASHTO, 2010) which recognizes that the following crash-reduction treatments (related to signal timings but excluding any phasing, intergreen, or multimodal treatments) have *unknown* effect on crashes:

- Converting pre-timed phases to actuated phases
- Modifying cycle length
- Modifying phase durations
- Implementing split phases
- Implementing or improving signal coordination

Surrogate Safety Measures and Field Crash Statistics

History of correlating traffic conflicts with traffic accidents is relatively long (Zegeer and Deen, 1978) but unfortunately somewhat unsuccessful. While researchers have not been able to show that traffic conflicts (either from microsimulation or from the field) are strongly correlated to traffic accidents, three major arguments are used to justify continued interest in analyzing traffic conflicts as a mean to estimate traffic accidents:

- Although using traffic conflicts to estimate accidents is not significantly better than using past accident data, both approaches generally produce similar results (Migletz et al., 1985; Gettman et al., 2008).
- Conflicts should be used to estimate an expected rate of accidents, as opposed to predicting the actual number, because actual numbers can significantly vary by year (Migletz et al., 1985).
- Others, non-safety related variables (e.g. volume, speed, or occupancy) are not reliable estimators of accident rates either (Zhou or Sisiopiku, 1997).

Surrogate Safety Measures from Microscopic Simulation

Although there are many studies which investigated development of surrogate safety models to estimate number of crashes (see for example Son et al., 2008), this review focuses on those studies which address surrogate safety measures derived from microscopic simulation models.

One of first studies using a widely-available simulation model (for earlier studies see Cooper and Ferguson, 1976; Fazio and Rouphail, 1990; Kosonen and Ree, 2000) was conducted in 2002 by Drummond et al. when the authors found a high correlation ($0.54 \leq R^2 \leq 0.89$) between traffic efficiency performance measures (e.g. delays and stops) from simulation and field crash rates.

The following year saw a major breakthrough in research on surrogate safety measures based on microsimulation outputs. Gettman and Head (2003) developed functional requirements and algorithms for a software tool that analyzes surrogate measures generated by the simulation model. This research led to development of publicly-available SSAM software a few years later (Gettman et al., 2008).

The surrogate measures generated by SSAM are based on the identification, classification, and evaluation of traffic conflicts that occur in the simulation model. An open-standard vehicle trajectory data format was designed and support for this format has been added as an output option by major simulation software vendors/developers.

Almost simultaneously with FHWA research on SSAM, a group of researchers from École Polytechnique Fédérale de Lausanne in Switzerland developed their own surrogate safety measure based on microsimulation outputs (Torday et al., 2003). Unlike SSAM, this measure reported only rear-end conflicts and was applied in a ramp-metering case study.

Several other studies followed with their own developments of surrogate safety measures or proposed modifications to the existing ones. Klunder et al. (2006) proposed development of a better framework for generating safety performance measures based on the Multi-Agent Real-time Simulator (MARS) interfaced with Quadstone Paramics microsimulation software. Ozbay et al. (2008) emphasized a need for well-calibrated and validated microsimulation models from which safety surrogate measures are collected. They developed a new crash index and modified an existing one, and proved that both indices match field data both temporally and spatially. Tarko et al. (2009) wrote a white paper to clarify concepts and definitions of surrogate safety measures. They also summarized past research, offered new ideas, and identified future research directions.

Safety Evaluation of Adaptive Traffic Control Systems

A literature review on safety evaluations of ATCSs does not reveal many studies. Moore and Lowrie (1976) investigated impact of traffic signal coordination on the number of traffic accidents in the field. They compared numbers of accidents from areas with and without coordinated signals and estimated a 23% reduction in number of accidents following traffic signal coordination. These findings were further utilized by Bastable (1980) to calculate economic and social impacts of reduction in accidents following a deployment of SCATS in Sydney.

Anzek et al. (2005) investigated the impact of converting operations at a signalized intersection from pre-timed phases to some sort of adaptive traffic control. Although authors introduced a feedback mechanism which changes phase durations in (near) real-time fashion, it seems that this sort of adaptive control was more similar to vehicle-actuated control (as used in the US) than to fully adaptive traffic control. The authors observed a

35% reduction in number of crashes after the conversion took place. However, the analysis was based on a relatively small sample size (data for one year before and one year after) and there was no indication whether observed rate of improvement differed from normal year-to-year variations in accident frequency. Similar findings (with smaller improvements of ~15%) were observed by others (Bamfo and Hauer, 1997) when right-angle accidents were analyzed at signalized intersections with vehicle-actuated phases as opposed to fixed-time phases.

Zimmerman and Bonneson (2005), from Texas Transportation Institute, developed and evaluated the Detection Control System (DCS). This system detects the type of vehicle (e.g. heavy vehicle or passenger car) approaching an intersection and modifies the clearance time of the service phase appropriately to reduce the occurrence of large trucks caught in the dilemma zone. Although this system adaptively changes clearance times for heavy trucks, the system can hardly be considered a full ATCS which is known to modify multiple signal timing parameters (e.g. cycle length, offsets, and phase splits) on demand. Nevertheless, the DCS showed a significant reduction (~ 80%) in red-light running of heavy trucks without negatively affecting traffic efficiency.

Barcelo et al. (2003) investigated how a custom-built adaptive traffic control strategy can improve safety conditions in a major tunnel at the France-Spain border in Europe. Although authors did not use any surrogate safety measure (they used a control strategy to alternate platoons of heavy trucks entering opposite sides of the tunnel) the findings showed that adaptive control is a better option than fixed-time control.

Sabra et al. (2010) started a study, sponsored by FHWA, to incorporate surrogate safety measures into an ATCS (ACS Lite). The first phase of this effort was foundational because it provided a better understanding of how individual signal timing parameters (e.g. cycle length, offset, and splits) affect surrogate safety measures delivered by SSAM. However, the second phase, which is supposed to incorporate safety aspects into ATCS operations, is yet to be completed.

Finally, the most recent research on safety evaluations of an ATCS represents an effort by Midenet et al. (2011) to investigate exposure to lateral collisions at signalized intersections for two traffic control strategies. Authors compared exposure captured through video recordings from an intersection operating under both an adaptive real-time strategy called CRONOS (ContRol Of Networks by Optimization of Switchovers) and a time-plan strategy to vehicle-actuated ranges. The results showed that CRONOS reduced exposure to lateral collisions by roughly 5 min/h.

Summary of Past Research

Research studies do not present surrogate safety measures as reliable estimators of real-world crashes but they are still considered valid measures with a lot of potential for improvement. Available studies on surrogate safety measures from simulation modeling show the continued interest from research community. Except for a recent FHWA report (Sabra et al. 2010) there are practically no studies which address impact of (non-intergreen) signal timings on surrogate safety measures. There are no studies which show how major ATCSs perform in terms of safety, either in microsimulation or in the field.

METHODOLOGY

Methodology of this study, which is shown in Figure 1, follows a traditional way to evaluate performance measures from two operational designs in microsimulation environment. A microsimulation model was built, based on extensive field data collection, and then calibrated and validated. Two types of traffic control systems, SCATS and conventional TOD control, are modeled to closely resemble their field counterparts. Uncommon for this type of study, several procedures were developed to replicate variability of traffic flows observed in the field during a week in September of 2007.

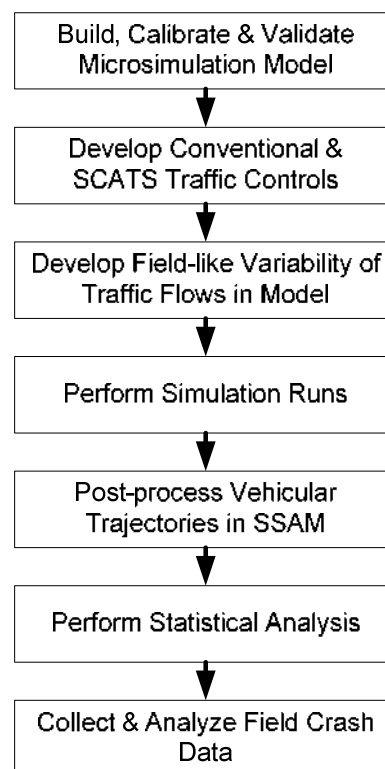


Figure 1 Workflow diagram

The reasoning behind this additional task was to overcome lack of simulation's ability to replicate variability of field traffic flows and expose two traffic control regimes to field-like traffic conditions in the virtual environment. After numerous simulations were executed in VISSIM, vehicular trajectories were exported to SSAM and processed to calculate various surrogate safety measures. Results of the SSAM analysis were analyzed and statistically tested. Finally, findings from field crash statistics were reported and their similarity to simulation conflicts were briefly analyzed and discussed.

Microsimulation Model of Signalized Arterials in Park City

Park City Arterial Network

The Park City road network shown in Figure 2 consists of two suburban arterials, state routes (SR) 224 and 248, and many cross streets. SR 224 is a 5-lane major arterial while SR 248 is a 3-lane minor arterial. Both arterials have a median left-turn lane. Posted speed limits on SR 224 range from 55 mph along sparse sections with widely spaced intersections to 35 mph in the downtown area. Speed limits along SR 248 are 35 mph in the downtown area to 50 mph as the road leaves the network. Recent traffic counts have shown that SR 224 and SR 248 carry around 30,000 and 16,000 vehicles per day, respectively. SR 224 is the primary route for recreational traffic from Salt Lake City and other areas to ski resorts and recreational areas in Park City, and serves as a connector between Interstate 80 and U.S. Route 40. The network can be further divided into three distinct parts on the basis of prevailing traffic conditions:

- Kimball Junction is a single point urban interchange for SR 224 and I-80 followed by neighboring signalized intersections (Landmark Drive and Olympic Park). This area hosts many local businesses generating work-related and shopping traffic. It has the highest traffic demand throughout the day with Level of Service (LOS) C at the three intersections during the PM peak. The close proximity of the intersections dictates the need for coordination.
- Bobsled Drive, Bear Hollow, Sun Peak Drive, Canyons Drive, Payday Drive, and Thaynes Canyon comprise six intersections in the middle of the network and at the beginning of the downtown area providing access to residential and recreational areas. Intersections in this area have LOS A or B during the PM peak. Spacing between intersections allows some signals to run uncoordinated.
- Park Avenue and SR 248, Park Avenue and Deer Valley, Deer Valley and Bonanza Drive, Bonanza Drive and SR 248, and SR 248 and Comstock Drive are five intersections that form a small gyratory system providing circulation for traffic to

access cultural and historical downtown Park City. The LOS for these intersections is B-A during the PM peak. Spacing warrants coordination between these intersections, but it is not mandatory because traffic flows can be very low.

In fall 2005, the Utah Department of Transportation (UDOT) installed and fine-tuned SCATS on all (then 12) signalized intersections in Park City. However, soon after initial SCATS was deployed two new intersections (at Bobsled Dr and Sun Peak Dr) were signalized and added to the existing system of 12 signalized intersections. Also, one of the existing signalized intersections (at Canyons Dr) was redesigned from a three-leg into a four-leg intersection. The three modified intersections were eventually brought under the SCATS umbrella and fine-tuned within a year and a half since the start of the SCATS installation.

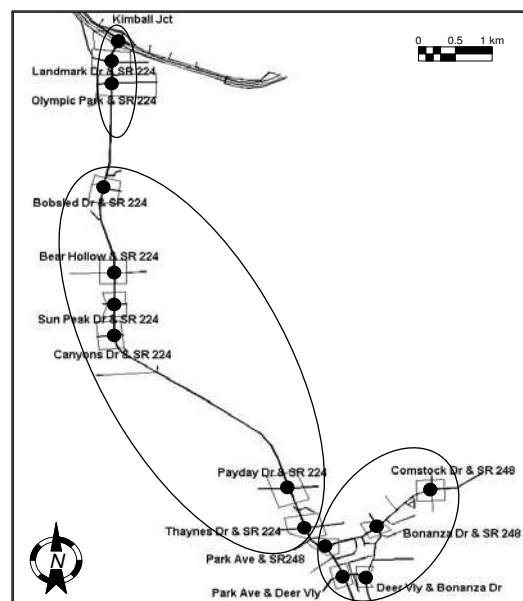


Figure 2 Signalized Intersections in Park City, Utah

Model Building & Data Collection

A VISSIM model of Park City was built based on extensive data that was collected in the field before SCATS was installed. PTV software (VISSIM) was selected as one of the few simulation platforms that interfaces both SCATS and SSAM. Data collected (under fair weather and dry pavement conditions) in a 3-week campaign included: geometry surveys for each intersection, stopped delays, saturation flow rates, turning movement counts, corridor travel times along the route (11.8 km) covering all signalized intersections, spot speeds, and vehicle classification. Data covered AM and PM peaks as well as mid-day traffic conditions. A detailed explanation of the data collection and methods used is provided elsewhere (Kergaye et al., 2010).

Calibration and Validation of the Model

The Park City VISSIM model was calibrated based on driving behavior captured through multiple traffic metrics collected in the field. A calibration process was performed manually through adjustments to the following elements of the VISSIM model:

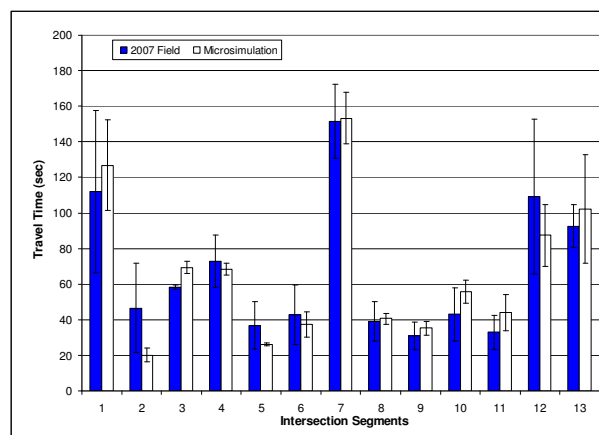
- VISSIM's speed distributions and desired speed decisions were based on speed limits, spot speed data from the field, and preliminary travel time runs on segments of the network;
- Saturation flows at links approaching intersections in VISSIM were adjusted to represent saturation flow values collected in the field. Saturation flows in VISSIM are not explicitly (and accurately) defined but they can be tuned by adjusting relevant driving behavior parameters such as the additive and multiplicative parts of desired safety distances (PTV, 2010).
- VISSIM's routing decisions reflect traffic counts collected in the field. VISSIM's traffic inputs were adjusted to ensure that traffic demand approaching each intersection is high enough to generate traffic counts in VISSIM which match the traffic counts in the field.

The model was validated through a comparison of modeled (10 randomly seeded runs) and field travel times, measured along segments between signalized intersections. Figure 3 shows results of the validation process.

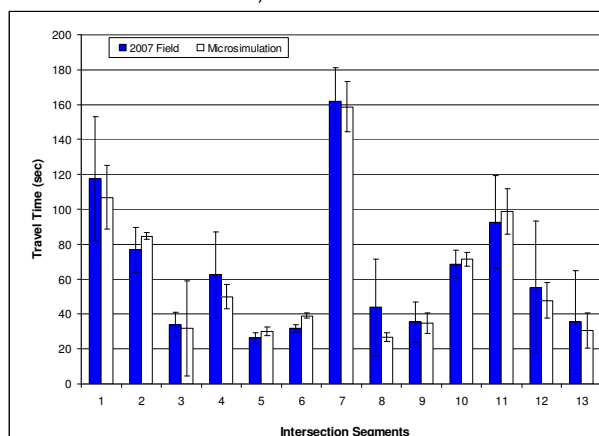
Modeling Traffic Control in VISSIM

Conventional TOD Traffic Control

Conventional TOD traffic control in Park City, before SCATS was deployed, was predominantly actuated-coordinated with two intersections that run an uncoordinated regime (SR 248 intersecting Bonanza Drive and Comstock Drive). The first three intersections in the Kimball Junction area were running on 128-second cycles. The other intersections all ran on 106-second cycles with exception of Deer Valley and Bonanza Drive which was double cycling (53 sec.). Conventional TOD signal timing data for the original 12 intersections were provided by UDOT in two forms: SYNCHRO files and detailed layouts of detectors and signal controller outputs for each intersection. Signal timings from the 12 field controllers were compared with those from the SYNCHRO files resulting in a few discrepancy corrections. Three modified intersections (Bobsled, Sun Peak, and Canyons) warranted development of new signal timings to consistently compare their performances with SCATS. New signal timings for these intersections were developed (in SYNCHRO) in such a way that traffic performance is optimized while keeping signal timings from the rest of the network unaltered. Finally, all signal timings from SYNCHRO were exported to VISSIM's RBC (Ring-Barrier Controller) platform and inspected manually for inconsistencies.



A) Southbound



B) Northbound

Figure 3 Results of validation process: travel times between intersections

SCATS Adaptive Traffic Control

SCATS is a two-level hierarchical ATCS developed in Australia in the 1970s by the Road and Traffic Authority (RTA) of New South Wales, Australia (Lowrie, 1982; Luk, Sims, and Lowrie, 1982). SCATS uses information from vehicle detectors, located in each lane immediately in advance of the stop line, to adjust signal timings in response to variations in traffic demand and system capacity. At a simple level, SCATS can be considered a feedback system that adjusts signal timings on the basis of changes in traffic flows from previous cycles. The SCATS strategy assumes that higher cycle lengths mean greater intersection capacity. This strategy advocates splits proportional to approach demand and longer offsets for increased volumes (and slower traffic flows). For more information about SCATS logic and features, readers are referred to the literature (Lowrie, 1992).

The SCATS traffic control was modeled in VISSIM through SCATSIM to represent an exact copy of the field-deployed SCATS in Park City. SCATSIM is a version of SCATS that is used to model SCATS operations in a microsimulation environment.

SCATSIM (as well as SCATS) is developed and maintained by RTA of New South Wales. Florida Atlantic University (FAU) enjoys the privilege of a SCATSIM license, which was used in these experiments.

The SCATS-microsimulator (in this case VISSIM) connection is established through a combined Software-in-the-Loop (SIL) and Emulation-in-the-Loop (EIL) combination. The central SCATS server, SCATS region, and SCATS Access (version V6.7.2.0) were installed on the same computer running VISSIM. The interface between SCATS and VISSIM was established through an EIL application (WinTraff). The same concept was documented in earlier studies (Wilson et al., 2006; Kergaye et al., 2010).

The actual SCATS configuration that runs in the field was copied and deployed in SCATSIM at FAU. Adjustments and fine-tuning of SCATS were performed by SCATS experts from TransCore over eighteen months following system installation. Detectors and other geometric conditions in the VISSIM model were adjusted to match those in the field closely. Use of the fine-tuned SCATS signal control from the field eliminated a need for extensive and lengthy fine-tuning in the lab. Figure 4 shows screen shots from VISSIM and SCATS depicting how vehicles activate detectors as they approach an intersection.

Modeling Variability of Field Traffic Flows

Microsimulation programs have improved significantly over the last few decades. However, these tools are predominantly used to comparatively evaluate (relative to each other) performance measures of various operational scenarios. Their ability to accurately resemble field traffic conditions is still questioned though. Of special concern is the inability of microsimulation tools to replicate variability of field traffic conditions. For example, although VISSIM is known as one of the tools with the best capability to fluctuate traffic load in its network, it was shown that its internal traffic generators could not resemble traffic variability observed in the field (Stevanovic and Kergaye, 2010).

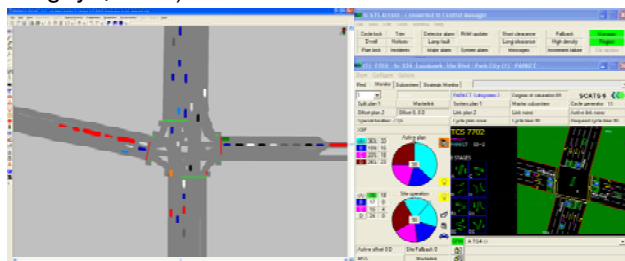


Figure 4 Vehicular activations of detectors in VISSIM (left) and SCATS (right)

It was the authors' particular interest to investigate performance of various traffic control regimes in fluctuating traffic demand.

ATCSs are known as systems which should be able to respond to fluctuations in traffic demand, so it was an imperative to capture their behavior in such a varying traffic flow environment. In order to do so, authors developed a set of procedures which manipulated outputs from the field SCATS in Park City and used those outputs to recreate traffic in the virtual VISSIM environment. Although details about these procedures are documented elsewhere (Stevanovic and Kergaye, 2010) here are major steps that depict the process:

- Field 15-minute traffic counts were obtained from the SCATS Strategic Monitor (SM) outputs (not available for right turns)
- Hourly traffic counts were obtained from two other sources: manual data collection (available for all turns) and automatic traffic records (limited to few turns)
- All of the traffic counts were imported into a spreadsheet which reflected the structure of Park City network's traffic input points and turning movements
- Traffic counts from various sources were checked for consistency and combined to create a complete set of hourly turning movement counts
- A traffic flow balancing algorithm was applied (coded in spreadsheet form) to preserve conservation of flows in the network
- Resulting volumes were exported as a set of traffic inputs and routing decisions (elements of VISSIM network) into VISSIM's files
- The entire process was repeated for PM peak hours for five consecutive days representing a week of traffic variation between September 17th and September 21st, 2007.

This process represented an effort to recreate field traffic volumes in the microsimulation model to closely resemble variability of field traffic flows. Figure 5 shows the correlation between modeled traffic flows (VISSIM) and those from the field (SCATS outputs), for a pair of turning movements. Similar correlations were achieved for most of the other turning movements with exceptions for right turns used for volume balancing.

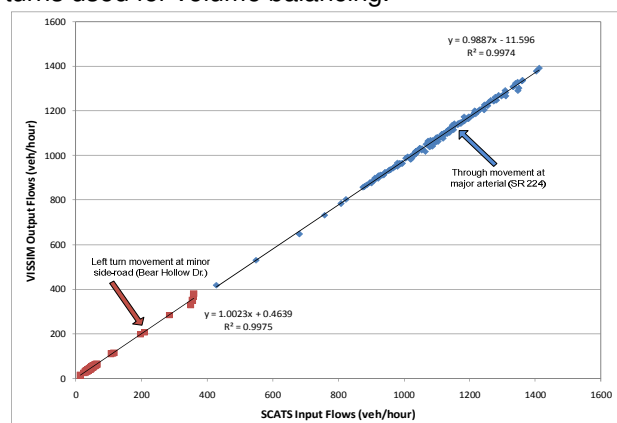


Figure 5 Comparison of Field (SCATS) and Simulated Traffic Volumes

Simulation Runs

Simulations of SCATS and coordinated-actuated traffic control regimes were executed in VISSIM's version 5.3 through 10 randomly seeded simulation runs for each of the five days representing field traffic flows. Each simulation run was one hour and 15 minutes long, which corresponds to the PM peak hour with additional 15 minutes for simulation warm-up. Each of the 100 (5 days x 10 runs x 2 scenarios) simulation runs reported conventional performance measures (delay, stops, etc.) as well as trajectory files for all vehicles in the format suited for further processing in SSAM (*.trj files).

Post-Processing Simulation Outputs in SSAM

After VISSIM generates files (*.trj extension) with individual trajectory data for each vehicle, SSAM calculates surrogate measures of safety corresponding to each vehicle-to-vehicle interaction. Based on positions of individual vehicles during the course of simulation, SSAM filters those vehicular interactions to satisfy user-defined conflict criteria, and reports them as vehicular conflicts. Definition of SSAM's surrogate measures and workflow are presented in the literature (Gettman and Head, 2003). Authors' focus in this paper is mainly on number and type of conflicts reported by SSAM.

Conflict type is determined based on angle between headings of two vehicles causing the conflict as documented in the Surrogate Safety Measure report (Gettman and Head, 2003). Based on the angle SSAM recognizes three types of conflicts: rear-end, lane-change, or crossing movement. The conflict type is classified as a rear-end conflict if $||\text{ConflictAngle}|| < 30$ degrees, a crossing conflict if $||\text{ConflictAngle}|| > 85$ degrees, or otherwise a lane-change conflict (Gettman and Head, 2003). Degree values for determination of these conflict types are user configurable. Authors used default values for all conflict thresholds (including TTC of 1.5 sec and PET of 5 sec) with exception of crossing angle (θ_c) which was selected to be 85° (default SSAM value is 80°). Once SSAM processed trajectory files from VISSIM simulation runs, data were exported to spreadsheets for further analysis.

Statistical Analysis of Safety Benefits from ATCS

SSAM raw data and summary statistics were exported to MS Excel spreadsheets where further statistical analysis was performed. Similarly, VISSIM outputs depicting mostly efficiency performance measures of the two traffic control regimes, were exported in the spreadsheets. For each of the performance measures (safety from SSAM and efficiency from VISSIM) a statistical test was performed to investigate similarity of the counterpart

simulation runs for SCATS and Conventional TOD control. Paired T-tests (for the same random number seeds) were used to test the null hypothesis that means of performance measures from SCATS and Conventional TOD Control runs are equal, with 95% confidence level.

Collection and Analysis of Crash Data from the Field

Field crash data were collected from UDOT's database (called Safety Management System). Entries into this database are provided by the Utah Department of Public Safety (law enforcement) via electronic or hard copy format. The collected data is over 85% compliant with Model Minimum Uniform Crash Criteria, which represents a national guideline. The form was revised in 2006, although the data used in this study prior to 2006 was not affected by the change.

Three types of crashes were retrieved for analysis with traffic conflicts from simulation. These were coded by manner of collision 1, 2, and 4, and respectively represented Angle crashes, Front to rear (F-R) crashes, and Sideswipe (S-S) (same direction) crashes. Obviously, these three types were considered the best field crash matches to crossing, rear-end, and lane-changing conflicts reported by SSAM, respectively. Although these matches between conflicts and crashes are not perfect, they represent the best assumptions considering availability and classifications of both data types.

Out of 14 intersections that were eventually operating under SCATS, after it was deployed, 4 intersections were eliminated from the data analysis because of changes to the intersections or surrounding areas after the SCATS system was installed. The traffic signals at two of these locations (Bobsled Dr and Sun Peak) were installed after the SCATS system. The traffic signal for Canyons Drive was moved and changed from a T-intersection to a 4-leg intersection. Additionally, the intersection on SR-224 at Bear Hollow was excluded from data analysis because it is surrounded by two of the new traffic signals.

Automatic Traffic Recorders provided Annual Average Daily Traffic along each route at two specific locations: SR 224 at milepost 8.92 (or 0.1 mile north of the Canyons intersection), and SR 248 at milepost 2.561 (or 0.5 miles west of SR 40). Due to construction, traffic counts along SR 224 for the first two months of 2007 were not recorded. In this case the remaining 10 months were used as representative data.

RESULTS AND DISCUSSION

Simulation Experiments

Table 1 shows various metrics collected from simulation and SSAM outputs for the two traffic control regimes. Table 1 is vertically divided into three parts to consecutively show information about vehicular conflicts (total and by type), other SSAM metrics, and conventional performance measures of traffic efficiency such as delay and number of stops, etc.

Results for vehicular conflicts show that SCATS reduced the total number of conflicts by more than 11%, a reduction that can be totally attributed to a reduction (of 13%) in number of rear-end conflicts. However, SCATS increased the number of crossing and lane-changing conflicts by 28% and 5%, respectively. These results are expected considering operational changes that were made by SCATS deployment. Most of these differences in conflicts pertain to the area of Kimball junction – the busiest in the network. SCATS contributes to the differences in two ways, each of which can be attributed to one of the three conflict types:

1. SCATS' limit for maximum cycle length in peak hours is 150 seconds versus 128 seconds from Conventional TOD control. Increased cycle length (whose major portion is allocated to main-road traffic) facilitate better progression between intersections in the Kimball Junction area (Table 1 shows that the number of stops is reduced by 14%). Better arterial progression and fewer stops cause fewer rear-end conflicts. These results confirm findings from a recent FHWA report that correlates longer cycle lengths to fewer rear-end conflicts (Sabra et al., 2010).
2. In order to better facilitate traffic progression on the main-road, side-street protected left turn green times were slightly reduced when SCATS was deployed. This modification caused fewer side-street left turns during the protected phase, which consequently increase the number of left-turning vehicles waiting for a gap from opposing traffic during the permitted left-turn phase. Although this strategy does not significantly impact efficiency of left-turn traffic it seems that the number of crossing conflicts is increased. One should note here that others reported that crossing conflicts are the least reliable of all SSAM estimates (Gettman et al., 2008).

Increase in number of lane-changing conflicts cannot be firmly attributed to any obvious change in signal timings. A potential reason for this increase may be that vehicles waiting longer in queue (due to longer cycle lengths) may be prone to conduct more lane-changing maneuvers. When it comes to other SSAM metrics, the high number of observations (on average more than 11,000 conflicts per experiment) justifies statistically different results between SCATS and Conventional TOD control even in cases where differences are practically negligible.

Table 1 Performance measures of SCATS and Conventional TOD traffic control

	Conventional TOD Control		SCATS Control		
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	Relative Difference
Conflicts					
Total number of conflicts	12422.3	3422.18	10972.6*	1517.03	-11.67%
Crossing conflicts	86.86	10.31	111.48*	19.15	28.34%
Rear-end conflicts	11462	3269.42	9943.88*	1439.5	-13.24%
Lane-changing conflicts	873.42	174.49	917.24*	88.16	5.02%
Other SSAM Metrics					
TTC	1.05	0.46	1.03*	0.47	-1.90%
PET	2.6	1.2	2.53*	1.24	-2.69%
MaxS	5.51	3.31	5.60*	3.36	1.63%
DeltaS	3.53	2.12	3.56*	2.18	0.85%
DR	-3.46	2.88	-3.39*	2.89	-2.02%
MaxD	-5.3	2.42	-5.18*	2.51	-2.26%
MaxDeltaV	1.85	1.17	1.87*	1.21	1.08%
VISSIM Metrics					
Total Delay (hours)	264.44	29.27	252.86*	18.24	-4.38%
Number of stops	54533.9	16119.49	46899.48*	6959.21	-14.00%
Throughput (vehicles/hour)	11096.4	82.98	11080.84	88.31	-0.14%
Total stopped delay (hours)	134.97	14.48	135.19	12.22	0.16%
Average speed (miles/hour)	26.9	0.74	27.211*	0.49	1.16%
Total travel time (hours)	968.34	30.73	955.19*	19.11	-1.36%
Number of simulation runs		50		50	

* - statistically different (at 95% confidence level) from corresponding Conventional TOD control value

Where (Gettman and Head, 2003):

- TTC - the minimum time-to-collision value observed during the conflict.
- PET - the minimum post-encroachment time observed during the conflict.
- MaxS - the maximum speed of either vehicle throughout the conflict.
- DeltaS - the difference in vehicle speeds as observed at tMinTTC.
- DR - the initial deceleration rate of the second vehicle, recorded as the instantaneous acceleration rate.
- MaxD - the maximum deceleration of the second vehicle.

MaxDeltaV is the maximum DeltaV value of either vehicle in the conflict.

Finally, when two traffic control regimes are compared for their efficiency SCATS outperforms Conventional TOD control in almost every aspect. SCATS reduces total delays by ~ 4% whereas number of stops is reduced by 14%. These results correspond to a range of performance measures that were collected in the field (Martin and Stevanovic, 2007).

Finally, results for throughputs show that neither SCATS nor Conventional TOD control 'process' more vehicles than the other regime, which proves that efficiency improvements from SCATS are not a result of constraining vehicular access into the network. Again, due to the relatively large sample size, results of statistical tests show significant differences even for those metrics whose differences are smaller than 2% (average speed & total travel time).

Field Crash Data

Table 2 shows crash frequency for each year based on various crash types. Data presented in Table 2 does not include any other types of crashes except the three which were mentioned above. Traffic volume data (AADTs) show that traffic increased about 2,000 vehicles per day on SR 248 in the last 4-5 years. On the other hand, there is no obvious increase in traffic on SR 224.

When looking at the average number of crashes per year the data shows that the number of crashes

increased after 2006. However, due to a smaller sample size it is difficult to extract reliable indicators of dispersion for these crash numbers. Standard deviations from these limited samples show that difference in number of crashes (before and after the ATCS deployment) falls within 1-2 standard deviations.

It is interesting to observe that the highest number of crashes both on SR 224 and SR 248 occurred in 2007 and 2008, most likely due to the significant road construction activities in the area. Before 2007, a year with the highest number of crashes on SR 224 (and the second highest on SR 248) was 2002 – most likely due to traffic before and during the Winter Olympic Games (Park City was one of the major venues). Overall, in spite of the fact that the number of crashes increased after SCATS deployment, authors would be very reluctant to associate this increase in crashes with deployment of an ATCS. More analysis is needed to find out what could be potential reasons for the increase in crash frequency after 2006.

Table 2 Field crash data and AADTs before and after SCATS deployment in Park City, UT

SR 248						SR 224				
Before	Total	Angle	F-R	S-S	AADT	Total	Angle	F-R	S-S	AADT
2002	38	17	17	4	12,254	67	13	43	11	28,612
2003	29	13	15	1	12,349	42	6	29	7	27,787
2004	35	15	17	3	13,338	50	6	35	9	29,176
2005	40	19	18	3	13,827	64	17	40	7	30,499
< May 2006	15	9	4	2	15,023	13	8	4	1	23,545
Total	157	73	71	13	66,791	236	50	151	35	139,619
Average	36	17	16	3	13,358	54	12	35	8	27,924
After	Total	1	2	4	AADT	Total	1	2	4	AADT
>Jul 2006	19	9	8	2	15,023	31	13	14	4	23,545
2007	56	29	25	2	15,919	89	31	50	8	29,525
2008	50	27	20	3	15,209	75	36	36	3	29,253
< Nov 2009	5	1	4	0	14,655	38	17	20	1	27,582
Total	130	66	57	7	60,806	233	97	120	16	109,905
Average	39	20	17	2	15,202	71	29	36	5	27,476

Field Crashes versus Simulated Conflicts

Intersection crashes and conflicts were singled out of the entire data set to correlate field crashes with simulated conflicts. For most of the intersections, field crashes within 0.1 mile of the intersection were used. Exceptions were the intersections of SR-224 at Kimball Junction, Landmark Dr., and Olympic Park which were combined because the spacing between the intersections is less than 0.2 miles, which made it difficult to determine to which intersection to associate a crash.

The same approach was used for simulation data. Filtering zones were defined in the SSAM map window for each intersection with approximately the same limits (0.1 mile before and after the intersection). The filter in SSAM was applied and the data were extracted for further analysis. This was repeated for 5 representative days (mimicking traffic variability in the field) each of which had 10 random seed repetitions. Data for SCATS and Conventional TOD control were combined to get more points for a meaningful analysis. The objective of this task was not to draw differences between SCATS and Conventional TOD data but to show if there is a strong correlation between field crashes and simulated conflicts.

Figure 6 shows results from the analysis for all conflicts together and each of the conflict types separately. There are a few things that can be deduced from Fig.6:

- None of the correlations show a very strong trend between field crashes and simulated conflicts.
- Attempts to remove a few outliers (see Figure 6) have not improved the relationships - the opposite happened: coefficients of determinations are lower for cases without outliers.
- Correlation between rear-end crashes and conflicts is just slightly higher (0.52) than those from the two other conflict/crash types (0.49 & 0.47). The total conflicts and crashes exhibited the lowest correlation of all cases (0.199).
- Although these findings do not show a high correlation between field crashes and simulated conflicts, the results are not worse than what was observed in previous studies (Gettman et al. 2008). It seems that the underlying problems within microsimulation tools govern quality of estimated conflicts and remain a major source for future improvements.

CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH

When ATCS are evaluated, safety aspects of their performances are usually neglected due to difficulties in extracting meaningful conclusions from field crash data and/or limited availability to perform evaluation through simulation-driven surrogate safety measures. This study uses a software-in-the-loop approach to investigate quality of an ATCS deployed in the field (Park City). Signal timings representing SCATS and Conventional TOD control are modeled under varying traffic conditions based on field data. Simulation outputs are processed in SSAM for surrogate safety measures. Field data, from periods before and after SCATS was deployed, were retrieved and compared

with simulated surrogate safety metrics. The following conclusions are reached based on the results of this study:

- SCATS outperforms Conventional TOD control in almost all performance metrics that measure efficiency of the traffic (e.g.stops, delay, travel time).
- SCATS generates fewer numbers of rear-end and total conflicts than Conventional TOD control, which can be attributed to longer cycle lengths deployed by SCATS.
- Conventional TOD control generates fewer crossing and lane-changing conflicts.
- Most of the differences between SCATS and Conventional TOD control are statistically significant and most of the findings can be reasonably attributed to operational characteristics of SCATS and Conventional TOD control.
- Field crash data shows an increase after SCATS was deployed in Park City. More analysis is needed to reveal reasons for this increase and find out whether the increase is significant. Authors speculate that multiple road construction activities during 2007 and 2008 may be a major reason for increase in crash frequency.
- Correlation indicators between field crashes and simulated conflicts are not very strong. However, for individual conflict types, they fall within the range (0.4 – 0.5) of correlations which were observed with traditional crash-prediction models and previous findings for SSAM surrogate safety measures.

More research is needed to investigate whether achieved benefits from SCATS can be sustained over long term. Considering that SCATS is a system that adapts to changes in traffic conditions (which have both efficiency and safety impact), it is speculated that SCATS would outperform TOD signal timings even over long term.

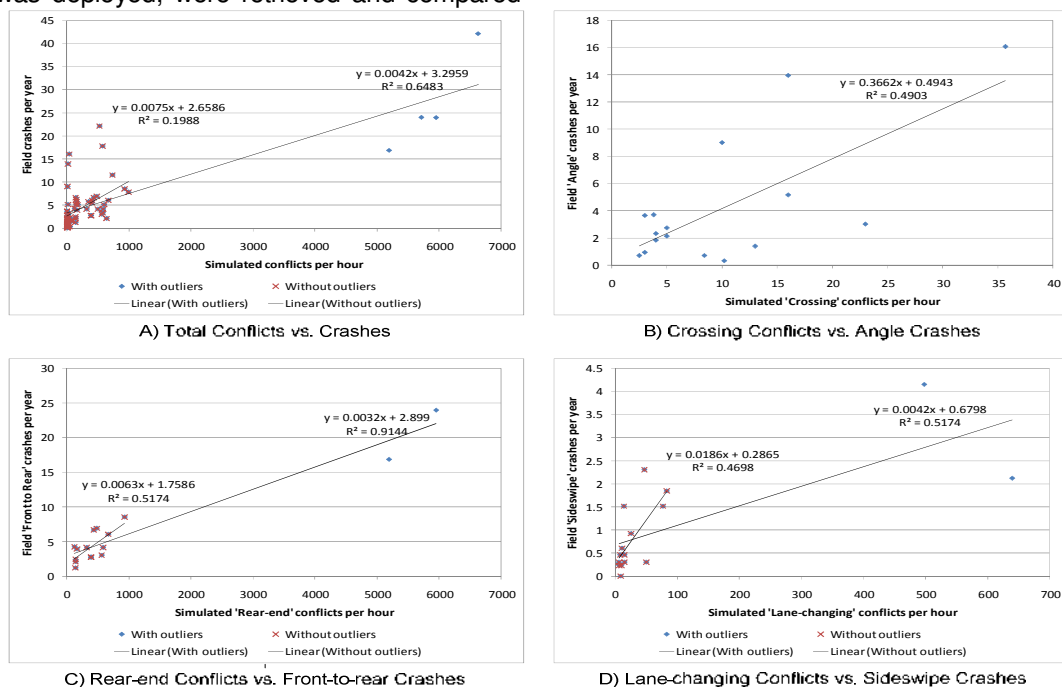


Figure 6 Relationship between Field Crashes and Simulated Conflicts

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank UDOT's Safety Engineer, W. Scott Jones, for his help in obtaining and interpreting field crash data. Also, authors are thankful to Roads and Traffic Authority from New South Wales, Australia for their help to enable SCATSIM at FAU.

REFERENCES

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2010). *Highway Safety Manual*, 1st Edition, Washington, D.C.
- [2] Anzek, M., Kavran, Z., Badanjak, D. (2005). "Adaptive Traffic Control as Function of Safety", Presented at ITS World Congress in San Francisco, USA. http://www.fpz.unizg.hr/manzek/ITS2005_SANFRAN_ ANZEK_ADUPSIG_05.02-mmfm_Amo5.02.pdf Accessed in April, 2011.
- [3] Bamfo, J.K. and Hauer, E. (1997). "Which is Safer in Terms of Right-Angle Vehicle Accidents? Fixed-Time or Vehicle-Actuated Signal Control", Proceedings of Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference X, Toronto, Canada, 352-360.
- [4] Barceló, J., Casas, J., Ferrer, J.L., and Perarnau, J. (2003). "A Simulation Study to Evaluate the Performance of Adaptive Control Strategies for Traffic Safety Conditions in the Vielha Tunnel", Presented at Transportation Research Board Annual Meeting, National Research Council. Washington, D.C.
- [5] Bastable, A.J. (1980). "The Economic and Social impact of Dynamic Signal Coordination in Sydney." Proceedings of the 12th AARB Conference 10(4), 245-251.
- [6] Bonneson, J.A., and K. Zimmerman. (2004). "Development of Guidelines for Identifying and Treating Locations with a Red-Light-Running Problem", Report No. FHWA/TX-05/0-4196-2. Texas Department of Transportation, Austin, Texas.
- [7] Brehmer, C.L., Kacir, K.C., Noyce, D.A., and Manser, M.P. (2003). *Evaluation of Traffic Signal Displays for Protected/Permissive Left-Turn Control*, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 493, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [8] Cooper, D., and Ferguson, N. (1976). "A conflict simulation model", *Traffic Engineering and Control*, Vol 17, 306-309.
- [9] Drummond, K., Hoel, L.A., and Miller, J.S. (2002). *A Simulation-based Approach to Evaluate Impacts of Increased Traffic Signal Density*, Research report of Virginia Transportation Research Council, Charlottesville, Virginia.
- [10] Fazio, J. and Roupail, N. (1990). "Conflict simulation in INTRAS: Application to weaving area capacity analysis", *Transportation Research Record*, Vol. 1287.
- [11] Federal Highway Administration (FHWA). (2008). *Desktop Reference for Crash Reduction Factors*, Report No. FHWA-SA-08-0111 by U.S. Department of Transportation.
- [12] Finlay, A.B. (1984). "Evaluation of Increased Intergreen Time at Signal Sites Operating Close to Capacity", Report to Department of Main Roads, Sydney, Australia.
- [13] Gettman, D. and Head, L. (2003). "Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models", Report No. FHWA-RD-03-050, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [14] Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., and Shelby, S. (2008). "Surrogate Safety Assessment Model and Validation", Final Report No. FHWA-HRT-08-051, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [15] Green, M. (2000). "How Long Does It Take To Stop?" Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times", *Transportation Human Factors*, 2, 195-216.
- [16] Howard/Stein-Hudson Associates, Inc., (2010). *The Benefits of Retiming/Re-phasing Traffic Signals in the Back Bay*, Study prepared for Boston Transportation Department, Boston, MA. http://www.cityofboston.gov/Images/Documents/The%20Benefits%20of%20Traffic%20Signal%20Retiming%20Report_tcm3-18554.pdf. Accessed in April, 2011.
- [17] Jenkins, R.S. (1969). "A Study of Selection of Yellow Clearance Intervals for Traffic Signals", Report TSD-TR-104-69, Michigan State Department of Highways, Lansing, MI.
- [18] Kergaye, C., Stevanovic, A.Z., and Martin, P.T. (2009). "Comparison of Before/After versus On/Off Adaptive Traffic Control Evaluations: Park City Case Study", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2128, 192-201.
- [19] Kergaye, C., Stevanovic, A.Z., and Martin, P.T. (2010). "Comparative Evaluation of Adaptive Traffic Control System Assessments through Field and Microsimulation. In *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 14(2), 109-114.
- [20] Kosonen, I. and Ree, S. (2000). "The potential for microscopic simulation in traffic safety and conflict studies", Proceedings of Conference on Road safety on three continents, Pretoria.
- [21] Klunder, G., Abdoelbasier, A., Immers, B. (2006). "Development of a micro-simulation model to predict road traffic safety on intersections with surrogate safety measures", Paper (No. 1894) presented at ITS World Congress in London, UK.
- [22] Lowrie, P. R. (1982, March). "The Sydney Coordinated Adaptive Traffic System—Principles, methodology, algorithms", Paper presented at International Conference on Road Traffic Signaling, Institution of Electrical Engineers, London, England.
- [23] Lowrie, P. R. (1992). "SCATS - A traffic responsive method of controlling urban traffic", North South Wales, Australia: Roads and Traffic Authority.
- [24] Luk, J. Y. K., Sims, A. G., and Lowrie, P. R. (1982). "SCATS- Application and field comparison with a TRANSYT optimized fixed time system", Paper presented at International Conference on Road Traffic Signaling, Institution of Electrical Engineers, London, England.
- [25] Martin, P.T., and Stevanovic A.Z. (2007). "SCATS Evaluation in Park City, UT", (Adaptive Traffic Control V), Report (UTL-1107-92) prepared for Utah Department of Transportation, Salt lake City, UT.
- [26] Midenet, S., Saunier, N., and Boillot, F. (2011). "Exposure to lateral collision in signalized intersections with protected left turn under different traffic control strategies", *Accident Analysis & Prevention*, doi:10.1016/j.aap.2011.05.015.
- [27] Migletz, D. J., Glauz, W. D., and Bauer, K.M. (1985). *Relationships Between Traffic Conflicts and Accidents*, Report No. FHWA-RD-84-042, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [28] Miska, E., De Leur, P., and Sayed, T. (2002). "Road Safety Performance Associated with Improved Traffic Signal Design and Increased Signal Conspicuity", Presented at Institute of Transportation Engineers (ITE) Annual Meeting, Philadelphia, PA.

- [29] Moore, S.E., and Lowrie, P.R. (1976). "Further on the effect of coordinated traffic signal systems on traffic accidents" Proceedings of the 8th AARB Conference 8(5), Session 26, 10-15.
- [30] Ozbay, K., Yang, H., Bartın, B., and Mudigonda, S. (2008). "Derivation and Validation of New Simulation-Based Surrogate Safety Measure", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2083, 105-113.
- [31] Planung Transport Verkehr AG. (2010). VISSIM 5.30 User Manual. Karlsruhe, Germany: PTV.
- [32] Sabra, Z.A., Gettman, D., Henry R.D., and Nallamothu, V. (2010). *Balancing Safety and Capacity in an Adaptive Signal Control System - Phase 1*, Report No. HRT-10-038, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [33] Son, H., Kweon, Y.-J., and Park, B. (2008). *Development of Crash Prediction Models using Real Time Safety Surrogate Measures*, Research Report No. UVACTS-15-0-70, Center for Transportation Studies, University of Virginia, Charlottesville, VA.
- [34] Stein, H.S. (1986). "Traffic Signal Change Intervals: Policies, Practices, and Safety", *Transportation Quarterly*, Vol. 40, No. 3, 433-445.
- [35] Stevanovic, A. (2010). "Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State of Practice", NCHRP Project 20-5: Synthesis Topic 40-03 – Transportation Research Board of the National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- [36] Stevanovic, A., and Kergaye, C. (2010). "Evaluating Suitability of Microsimulation as a Tool to Replicate Variations in Field Traffic Flows." Presented at Traffic Flow Theory and Characteristics Committee (AHB45) Summer Meeting, Annecy, France.
- [37] Stimpson, W.A., Zador, P.L., and Tarnoff, P.J. (1980). "The Influence of The Time Duration of Yellow Traffic Signals on Driver Response", *ITE Journal*, 50, 22-29.
- [38] Tarko, A., G. Davis, N. Saunier, T. Sayed, and S. Washington. (2009). *Surrogate Measures of Safety*. White paper from Subcommittee on Surrogate Measures of Safety, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C.
- [39] Torday, A., Baumann, D., and Dumont, A-G. (2003). "Indicator for Microsimulation-based Safety Evaluation", Presented at Swiss Transport Research Conference, Monte Verita /Ascona, Switzerland.
- [40] Wilson, C., Millar, G., and Tudge, R. (2006). "Microsimulation evaluation of the benefits of SCATS coordinated traffic control signals", Paper 06-1984 presented at Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, USA.
- [41] Wortman, R.H., and Matthias, J.S. (1983). "Evaluation of Driver Behavior at Signalized Intersections", *Transportation Research Record* 904, 10-20.
- [42] Zegeer, C.V., and Deen, R. (1978). "Traffic Conflicts as a Diagnostic Tool in Highway Safety", *Transportation Research Record* No. 667.
- [43] Zhou, M. and Sisiopiku, V. (1997). "Relationship Between Volume-to-Capacity Ratios and Accident Rates," *Transportation Research Record* 1581, Transportation Research Board, Washington, DC.
- [44] Zimmerman, K.H. and Bonneson, J.A. (2005). *In-Service Evaluation of a Detection-Control System for High-Speed Signalized Intersections*, Implementation Report No. 5-4022-01-1, Texas Transportation Institute, College Station, TX.

ŠIDPROJEKT ДОО

ДРУШТВО ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ИНЖЕЊЕРИНГ

EN ISO 9001 : 2008
EN ISO 14001 : 2004
BS OHSAS 18001 : 2007
Сертификован од:

TUV NORD

линија успеха

"Шидпроект" ДОО, је модерно друштво за пројектовање и инжењеринг основано 1979. године. Пројектовање у сектору високоградње, нискоградње и инсталација, вршење стручног надзора, техничких прегледа и техничке контроле пројектне документације, изградња, све су то делатности којима се "Шидпроект" ДОО бави.



ДОМ ЗДРАВЉА, СУРЧИН



ОБЈЕКАТ ЗА ВОЋЕ И ПОВРЋЕ, ПРВА ФАЗА ИЗГРАДЊЕ
ПИЈАЦЕ - ВЕЛЕТРЖИШТЕ, НОВИ БЕОГРАД

Наша линија успеха заснована је и на перманентном унапређењу пословања путем развијања сарадње са инвеститорима, другим пројектним кућама, научним установама и институтима, динамичном техничко-технолошком развоју и праћењу савремених трендова и достигнућа, сталном образовању запослених и континуитету знања и искуства.



СТАМБЕНО ПОСЛОВНИ ОБЈЕКАТ, ШИД



ОБЈЕКАТ ЦАРИНАРНИЦЕ И ЦАРИНСКЕ ИСПОСТАВЕ У
КОМПЛЕКСУ РЧТ УЖИЦЕ

ŠIDPROJEKT ДОО

Кнеза Милоша 2

22240 Шид

tel.: +381 22 712 044

+381 22 712 004

fax: +381 22 716 020

Директор:

tel.: +381 22 710 317

e-mail: office@sidprojekt.rs

www.sidprojekt.rs

ANALIZA KARAKTERISTIKA VREMENSKOG INTERVALA SLEĐENJA NA SEMAFORISANIM RASKRSNICAMA

Prof. dr Vuk Bogdanović, dipl. ing. saob.

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

MSc Nenad Saulić, dipl. ing. saob.

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

MSc Nenad Ruškić, dipl. ing. saob.

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Mr Biljana Ivanović, dipl. ing. građ.

Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora

MSc Vladimir Ilin, dipl. ing. saob.

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Pregledni rad

Rezime: Osnovni parametri saobraćajnog toka služe za opisivanje tokova i zakonitosti kretanja vozila, odnosno saobraćajnih tokova na drumskim saobraćajnicama, pa tako i na raskrsnicama regulisanim svetlosnom signalizacijom. Vremenski interval sleđenja vozila je jedan od osnovnih parametara saobraćajnog toka koji ima veliki značaj za definisanje karakteristika saobraćajnog toka. Analiza navedenog parametra je specifična kod povremeno prekinutih saobraćajnih tokova koji se javljaju na svim tipovima površinskih raskrsnica. U ovakvim uslovima na prilazima raskrsnice stvaraju se redovi čekanja zbog čega se javljaju razlike u vrednostima ovog parametra u zavisnosti od karakteristika raskrsnice, načina regulisanja saobraćaja, konfiguracije prilaza, prioriteta, strukture saobraćajnog toka itd. U okviru ovog rada izvršena je analiza vremenskog intervala sleđenja na signalisanim raskrsnicama u zavisnosti od vrste manevra i pozicije vozila u koloni. Istraživanje je sprovedeno na šest signalisanih raskrsnica u N. Sadu, a matematička analiza obuhvatila je uzorak od nekoliko hiljada izmerenih vrednosti parametra, sa različitom konfiguracijom ulivnih grla raskrsnica.

Glavne reči: saobraćajni tok, vremenski interval sleđenja, signalisana raskrsnica, ulivno grlo

ANALYSIS OF GAP CHARACTERISTICS AT SIGNALIZED INTERSECTIONS

Vuk Bogdanovic, Ph.D. T.E.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Nenad Saulić Msc, BSc. T.E.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Nenad Ruškić Msc, BSc. T.E.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Biljana Ivanovic, BSc. C.E.

Faculty of Civil Engineering, Podgorica, Montenegro

Vladimir Ilin MSc, BSc. T.E.

Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

Review paper

Abstract: The main parameters of the traffic flow are used to describe the flows and principles of vehicle movement at all road facilities, as well as at signalized intersections. Follow-up headway is one of the basic traffic flow parameters. It is very important for definition of the traffic flow characteristics. Analysis of the follow-up headway is specific if traffic flow is interrupted. This case occurs at all types of intersections. In conditions of interrupted traffic flow, queues on intersection approaches are present, so follow-up headway may vary depend on intersection character, way of traffic regulation, approach configuration, defined priority on intersection, structure of traffic flow, etc... In this paper an analysis of the value of follow-up headway at signalized intersections was made, depending on the type of maneuver and position of the vehicle in the queue. Research of the follow-up headway characteristics was conducted at six signalized intersections in Novi Sad. A mathematical analysis included is a sample of several thousand measured values of this parameter, with different configuration of intersections approaches.

Key words: traffic flow, follow-up headway, signalized intersection, intersection approach

1 UVOD

Parametri saobraćajnog toka koji su definisani kao karakteristične vremenske sekvence prilikom izvođenja pojedinih manevara na raskrsnicama predstavljaju polaznu osnovu u postupcima proračuna kapaciteta, definisanje geometrije i regulativnih mera [6]. Istraživanja ovih parametara su veoma retka, a u postupcima proračuna prihvataju se parametri koji su preporučeni u okviru primenjenih postupaka [1], [2]. U teoriji saobraćajnog toka je poznato da na vrednosti ovih parametara utiču specifičnosti sredine koji se manifestuju kroz navike vozača i način njihove vožnje, način regulisanja saobraćaja i standardi iz ove oblasti [3]. Istraživanja koja su vršena u ovoj oblasti pokazala su da na vrednosti ovih parametara utiču i položaj raskrsnica na putnoj i uličnoj mreži, veličina grada, struktura saobraćajnog toka, veličina zahteva za protokom, položaj objekata u zoni raskrsnice, pešački i biciklistički saobraćaj, itd [5].

Raskrsnice regulisane svetlosnom signalizacijom, koje su predmet istraživanja ovog rada, su karakteristične zbog toga što se na njima javljaju tokovi koji se u teoriji saobraćajnih tokova nazivaju složeni, povremeno prekinuti tokovi [7].

Istraživanja koja su obuhvatila analizu karakteristika vremenskog intervala sleđenja u uslovima realnog saobraćajnog toka kod nas i u svetu su bila prilično retka. Poznavanje karakteristika vremenskog intervala sleđenja ima kako teorijski, tako i praktični značaj u postupcima definisanja kapaciteta prilaza signalisanih raskrsnica.

2 INTERVAL SLEĐENJA VOZILA

Sa praktičnog aspekta interval sleđenja vozila, kao parametar saobraćajnog toka, predstavlja vreme između prolaska prednjeg dela dva uzastopna vozila, u jednom smeru za jednosmerne saobraćajnice, odnosno u oba smera za dvosmerne saobraćajnice, kroz zamišljeni presek posmatranog odseka puta [3].

Osnovni simbol za iskazivanje jediničnog vremena putovanja saobraćajnog toka je (t_h), a osnovna jedinica za iskazivanje intervala sleđenja vozila je sekund.

Interval sleđenja vozila ima veliki značaj za opisivanje uslova saobraćaja na putevima, a takođe i u inženjerskoj praksi kao jedan od repernih indikatora kvaliteta saobraćajnog toka. Pored protoka, zbog svojih karakteristika, vremenski interval sleđenja je jedan od prvih parametara saobraćajnog toka koji je meren i istraživan.

Izmerene vrednosti parametra vremenskog intervala sleđenja vozila mogu poslužiti za definisanje kapaciteta i drugih parametara saobraćajnog toka na posmatranoj deonici puta ili na raskrsnici. Minimalna vrednost intervala sleđenja praktično je mera kapaciteta posmatrane saobraćajnice.

U uslovima realnih neprekinutih saobraćajnih tokova, parametri saobraćajnog toka pa vremenski interval sleđenja zavisi od karakteristika saobraćajnog toka i stepena interakcije između vozila, dok se uticaj karakteristika puta izražava u zavisnosti od karakteristika poprečnog profila, nagiba i karakteristika horizontalne trase. Međutim na raskrsnicama, u uslovima prekinutih i ometanih saobraćajnih tokova, vrednosti vremenskog intervala sleđenja zavise i od sledećih faktora:

- tipa dolaska, odnosno da li su vozila kroz središte raskrsnice prošla bez zaustavljanja na prilazu;
- geometrijskih karakteristika raskrsnice, odnosno konfiguracije prilaza;
- načina regulisanja saobraćaja, odnosno vremenske raspodele prava korišćenja središta raskrsnice od strane vozila sa različitih prilaza;
- distribucije tokova po smerovima vožnje, odnosno vrste manevra koje vozilo vrši na raskrsnici.

3 METOD RADA

U postupku analize obuhvaćen je uzorak od 6.462 vrednosti vremenskog intervala sleđenja, koji je formiran obradom prethodno sačinjenog video zapisa realnog saobraćajnog toka. Merenje parametara saobraćajnog toka obradom snimaka je jedna od najstarijih (slika 1.), ali i najsigurnijih metoda [11], [12].

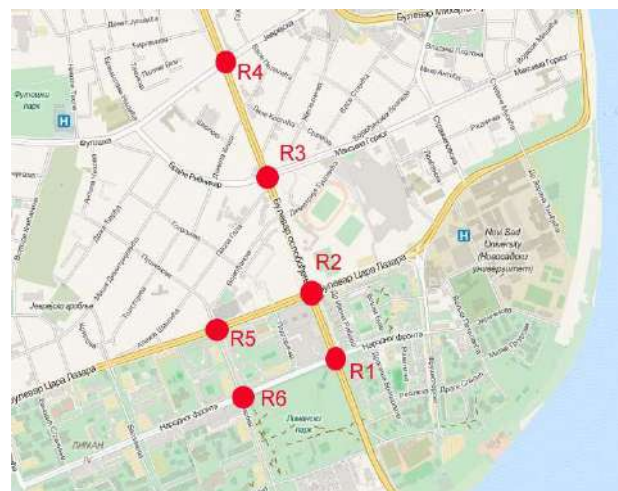


Slika 1. Merenja Greenshielda 1933. godine

Istraživanje [4], čiji rezultati su delimično prezentovani u ovom radu sprovedeno je na ukupno šest raskrsnica regulisanih svetlosnom signalizacijom primarne uličnoj mreži grada Novog Sada i to na 9 prilaza. Zbog pojednostavljenog prikaza podataka, raskrsnicama su dodeljene oznake – šifre: R1 – R6. (slika 2).

Raskrsnice na kojima je vršeno istraživanje su sledeće:

- R1 - raskrsnica Bulevara oslobođenja i Ulice Narodnog fronta;
- R2 - raskrsnica Bulevara oslobođenja i Bulevara Cara Lazara;
- R3 - raskrsnica Bulevara oslobođenja, Ulice Maksima Gorkog i Ulice Braće Ribnikara;
- R4 - raskrsnica Bulevara oslobođenja, Jevrejske ulice i Futoške ulice;
- R5 - raskrsnica Bulevara Cara Lazara i Ulice Šekspirove;
- R6 - raskrsnica Ulice Narodnog fronta i Ulice Šekspirove.



Slika 2. Mapa Novog Sada sa označenim lokacijama

Odabrane raskrsnice za analizu su snimane iz perspektive, najčešće sa krovova okolnih zgrada, kako bi se pokrilo što veće vidno polje. Takav pogled daje pregledniju sliku raskrsnice i smanjuje mogućnost greške prilikom obrade snimaka i kasnije analize dobijenih podataka [13]. Za snimanje je korišćena digitalna kamera, fiksno postavljena kako bi mogućnost greške pri prikupljanju podataka bila svedena na minimum [14].

Istraživanje je izvršeno u vremenskim uslovima sa suvim kolovozom i dobrom vidljivošću.

Za obradu video snimaka i analize su korišćeni sledeći softverski alati: Nero ShowTime, Adobe Premiere Pro 1.5, Microsoft Excel i Minitab 14. Nero ShowTime je korišćen za pregled video zapisa, kao i za utvrđivanje protoka vozila koji je ostvaren na posmatranim lokacijama po saobraćajnim trakama ulivnih grla prilaza. Adobe Premiere Pro 1.5 je korišćen za obradu video zapisa jer je video zapis moguće usporavati i zaustavljati sa greškom od 0,04 sekunde, što omogućava postizanje velike tačnosti. Ovaj softver takođe omogućava postavljanje linija kao "layer"-a preko video zapisa (slika 3). Kao rezultat, vremena prolazaka vozila preko postavljenih linija su identifikovana, zabeležena i kasnije uneta u program Microsoft Excel, gde su se računale vrednosti parametra vremenskog intervala sleđenja vozila.

Za svako vozilo, u prethodno pripremljene tabele u programu Microsoft Excel unošeni su podaci o raskrsnici, kraku, traci, manevru kao i o kom periodu je vršeno snimanje. Prilikom određivanja parametara vodilo se računa o interakciji vozila u prilaznom toku. Na kraju, podaci su statistički obrađeni u softveru Mini Tab.



Slika 3. Obrada video zapisa u softveru Adobe Premiere Pro 1.5

4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na osnovu izračunatih parametara zaključeno je da se razlikuju vrednosti intervala sleđenja u zavisnosti od pozicije vozila u koloni. Tako " t_1 " predstavlja vremenski interval sleđenja između prvog i drugog vozila u koloni, " t_2 " predstavlja vremenski interval sleđenja između drugog i trećeg vozila u koloni itd. Poslednji interval sleđenja koji je posebno analiziran je između petog i šestog vozila. Intervali sleđenja za ostala vozila su objedinjeni u jedinstven uzorak.

Vozila koja su vršila desna skretanja na raskrsnicama nisu formirala red, jer je planom tempiranja definisana dopuštena faza, odnosno uslovno desno na svim posmatranim prilazima raskrsnicama. Dopuštena faza omogućavala je vozilima da bez zaustavljanja napuste prilaz i izvrše manevar desnog skretanja. Iz tog razloga, u radu je prikazana samo prosečna vrednost intervala sleđenja za manevar desnih skretanja. Izuzetak predstavlja raskrsnica R6, na kojem nije formirana dopuštena faza za desna skretanja. Traka koja služi za desna skretanja, namenjena je i za smer pravo, tako da je ona izuzeta iz analize.

Prilikom startovanja vozila iz mesta prilikom vršenja manevra levog skretanja u okviru dopuštene faze vozila formiraju redove čekanja u središnjem delu raskrsnice. Ovo se dešava iz razloga što vozila koja skreću levo, moraju da propuste vozila koja nailaze iz suprotnog smera. Određeni broj vozila, u zavisnosti od geometrijskih karakteristika raskrsnice, prolazi preko zaustavne linije i formira red u središtu raskrsnice, dok veoma često ostala vozila formiraju red iza zaustavne linije.

Iz tog razloga ovakvi slučajevi su isključeni iz rezultata analize prikazane u ovom radu, iz razloga što su vrednosti intervala sleđenja za ovakve slučajeve imale veoma veliko rasipanje oko srednje vrednosti. Ovakve karakteristike intervala sleđenja su po mišljenju autora rezultat različitog ponašanja vozača što će biti predmet analize drugih radova.

Prilikom analiza formirani su uzorci intervala sleđenja za vozila koja su stajala u redu čekanja na prilazu i vozila koja su prošla kroz raskrsnicu u tzv. letećem startu.

4.1 Intervali sleđenja za leva skretanja

Prilikom levog skretanja na raskrsnicama, analizirano je 602 vrednosti u prvom i 578 u drugom periodu snimanja. Te vrednosti su klasifikovane prema mestu koja su vozila zauzimala u koloni, pa je prvi mereni interval t_{h1} izmeren između 1-2 vozila, t_{h2} između 2-3 vozila, dok t_{h6} predstavlja intervale između vozila koja su se u redu čekanja nalazila iza šestog vozila, odnosno 6-7, 7-8 itd.. Analizom su utvrđene sledeće prosečne vrednosti intervala sleđenja:

Tabela 1: Vrednost t_{hi} pri levom skretanju

	1. Period t_{hi} [s]	2. Period t_{hi} [s]
1-2	3,536	3,535
2-3	3,103	3,088
3-4	3,360	3,341
4-5	3,607	3,213
5-6	3,104	2,730
≥ 6	2,957	3,077

Prosečne vrednosti intervala sleđenja, za oba intervala snimanja kreću se u sledećim granicama:

Tabela 2: Odstupanja t_{hi} pri levom skretanju

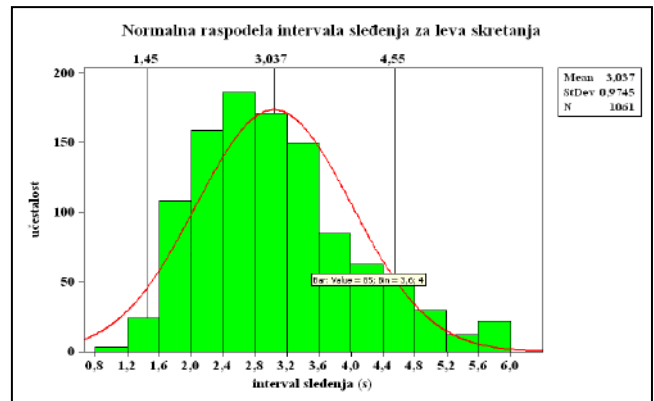
	Minimalno t_{hi} [s]	Maksimalno t_{hi} [s]
1-2	3,049	3,980
2-3	2,345	4,408
3-4	2,287	5,369
4-5	2,222	7,440
5-6	2,123	4,560
≥ 6	2,442	5,928

Kako što rezultati analiza pokazuju, interval sleđenja se menja u zavisnosti od položaja vozila u koloni. Može se primetiti da t_{h1} ima najmanje odstupanje od srednje vrednosti, dok kod ostalih intervala, rezultati osciluju i po više sekundi. Razlog je taj što u okviru dopuštene faze skretanje u levo zahteva propuštanje vozila iz suprotnog smera koja prolaze kroz raskrsnicu pravo. Iz tog razloga prva dva – tri vozila pređu preko zaustavne linije i zaustavljaju se u središte raskrsnice. Ostala vozila ne mogu da uđu u raskrsnicu pa se kreću poprilično sporo, a kao posledica dobijaju se veće vrednosti intervala sleđenja. Kada prođu vozila iz suprotnog smera, dolazi do pražnjenja središta raskrsnice, što je razlog pojave širokog dijapazona vrednosti intervala sleđenja vozila.

Za utvrđivanje normalne raspodele interval sleđenja vozila koja vrše leva skretanja, izuzete su vrednosti veće od šest sekundi i definisane su kategorije podataka širine 0,4 sekunde.

U skladu sa Normalnom raspodelom (Slika 1.), za interval sleđenja vozila na ulivnom grlu pri skretanju u levo, utvrđeno su sledeće vrednosti :

- srednja vrednost vremenskog intervala sleđenja t_h iznosi 3,037 s,
- standardna devijacija iznosi 0,9745,
- 90% vrednosti intervala sleđenja se nalazi između 1,45 s i 4,55 s.



Slika 1. Normalna raspodela intervala sleđenja na ulivnim grlima pri levom skretanju

4.2 Intervali sleđenja za kretanje pravo

Prilikom kretanja pravo kroz raskrsnicu, analizirano je 2.081 vrednosti u prvom i 1.642 u drugom periodu snimanja. Vrednosti su klasifikovane prema kriterijumu da li su vozila bila u koloni ili ne. Ako jesu, ona su dalje kategorisane po mestu koje su vozila zauzimala u koloni. Pri tome utvrđene su sledeće prosečne vrednosti intervala sleđenja:

Tabela 3: Vrednost t_{hi} pri levom skretanju

	1. Period t_{hi} [s]	2. Period t_{hi} [s]
1-2	3,098	3,010
2-3	2,388	2,402
3-4	2,222	2,395
4-5	2,232	2,337
5-6	2,078	2,221
≥ 6	2,212	2,010

Za vozila koja su prošla u letećem startu u prvom periodu vrednost intervala sleđenja je iznosila 4,370 s, a u drugom 5,248 s. Analizom je utvrđeno da postoji velika razlika između intervala sleđenja kod vozila koja su bila u koloni u odnosu na vozila koja su prošla preko zaustavne linije u letećem startu. Step en interakcije između vozila koja su prošla raskrsnicu u letećem startu je znatno manji, što je razlog širokog dijapazona vrednosti intervala sleđenja.

Prosečne vrednosti intervala sleđenja za vozila koja su se kretala pravo kreću se u sledećim granicama:

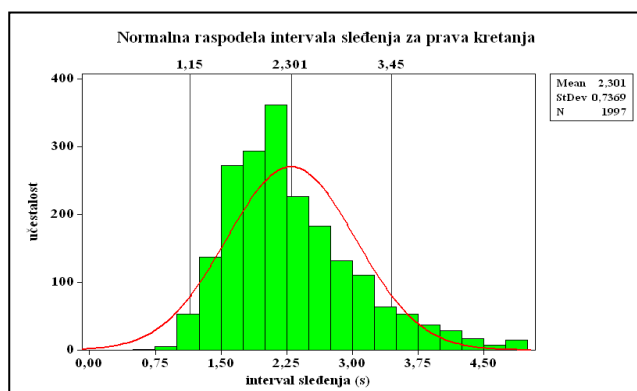
Tabela 4: Odstupanja t_{hi} pri levom skretanju

	Minimalno t_{hi} [s]	Maksimalno t_{hi} [s]
1-2	2,593	3,837
2-3	1,938	2,793
3-4	1,840	3,486
4-5	1,680	4,872
5-6	1,573	3,040
≥ 6	1,640	3,601

Za vozila koja su prošla u letećem startu u prvom periodu minimalna vrednost intervala sleđenja je iznosila 3,275, a maksimalna 11,873 s.

Analiza je pokazala da pozicija vozila u koloni značajno utiče na veličinu intervala sleđenja. Kako su vozila dalje u koloni, odstupanje minimalne od maksimalne vrednosti je veće.

Prilikom utvrđivanja normalne raspodele intervala sleđenja za vozila koja prolaze kroz raskrsnicu pravo, u obzir su uzete samo vrednosti intervala sleđenja vozila koja su se nalazila u koloni. Pri tom, u obzir nisu uzete vrednosti ovih intervala koje su veće od pet sekundi.



Slika 2. Normalna raspodela intervala sleđenja na ulivnim grlima pri kretanju pravo

U skladu sa Normalnom raspodelom (Slika 2.), za interval sleđenja vozila na ulivnom grlu pri kretanju vozila pravo kroz raskrsnicu, utvrđeno je sledeće

- srednja vrednost vremenskog intervala sleđenja t_h iznosi 2,301 s,
- standardna devijacija iznosi 0,7369
- 90% vrednosti intervala sleđenja se nalazi između 1,15 s i 3,45 s [9].

4.3 Intervali sleđenja za desna skretanja

Prilikom vršenja manevra desnog skretanja na raskrsnicama, analizirano je 791 vrednosti u prvom i 768 u drugom periodu snimanja. Pri tome u prvom periodu snimanja utvrđena je prosečna vrednost od 13,520 s, a u drugom periodu 15,642 s. Na osnovu analize zaključeno je da vremenski interval sleđenja za desna skretanja na signalisanim raskrsnicama u situaciji kada je za njih definisano uslovno desno skretanje zavisi jedino od veličine zahteva za protokom.

5 ZAKLJUČAK

Analizom rezultata utvrđeno je da karakter manevra utiče na veličinu intervala sleđenja vozila na signalisanoj raskrsnici. U situaciji kada je signalnim planom definisano uslovno desno skretanje, vremenski interval sleđenja ovog manevra najviše zavisi od veličine zahteva za protokom i eventualnog ometanja od strane pešaka, dok uticaj ostalih faktora nije identifikovan.

Za vozila koja su se kretala pravo na ulivnim grlima, prilikom analiza posebno su razmatrani intervali sleđenja za vozila koja su bila u koloni i za vozila koja su prolazila raskrsnicu u letećem startu. Uočena je velika razlika između intervala sleđenja vozila za ove dve grupe podataka. Na veličinu intervala sleđenja vozila koja su raskrsnicu prolazila u letećem startu uticala je veličina zahteva za protokom. Analizom je utvrđeno da pozicija vozila u koloni utiče na veličinu vremenskog intervala sleđenja. Što je pozicija vozila u redu čekanja udaljenija od zaustavne linije, rasipanje od srednje vrednosti je veće.

Prilikom skretanja levo na raskrsnici, interval sleđenja zavisi od položaja vozila u koloni. Analizom je utvrđeno da interval sleđenja između prvog i drugog vozila u koloni ima najmanje odstupanje od srednje vrednosti.

LITERATURA

- [1] Highway Capacity Manual. Washington D.C. Transportation Research Board of The National Research Council, 2010.
- [2] Highway Capacity Manual. Washington D.C. Transportation Research Board of The National Research Council, 2000.
- [3] Kuzović, Lj., & Bogdanović V. (2010) Teorija saobraćajnog toka, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka
- [4] Saulić, N., Analiza karakteristika dolazaka vozila na signalisanim raskrsnicama, Master rad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, 2010.
- [5] Bogdanović, V., Jeftić, A., & Leković, M. (2009) Characteristics survey of the vehicle follow-up time on priority intersections, Put i saobraćaj, 56(4), 52-56
- [6] Kuzović, Lj. (1989) Kapacitet i nivo usluge deonice puteva, Beograd, Saobraćajni fakultet
- [7] Bogdanović, V., Papić, Z., Simeunović, M., & Milić, D.(2000) Utvrđivanje uobičajenih režima kretanja vozila na raskrsnicama, Novi Sad, Prevencija saobraćajnih nezgoda na putevima 2000
- [8] Adžić, N. (2006) Statistika – Izvodi iz predavanja, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka
- [9] Vukadinović, S., Popović, J., & Teodorović D. (1981) Zbirka rešenih zadataka iz matematičke statistike, Beograd, Saobraćajni fakultet
- [10] Stojaković, M.(2002) Slučajni procesi, Beograd, Vedes
- [11] Greenshields, B.D.: The Photographic Method of studying Traffic Behaviour; Proceedings of the 13th Annual Meeting of the Highway Research Board 1933.
- [12] Strickland I.R., A study of Merging Vehicular Traffic Movements, Bureau of Highway Traffic, Yale Univeristy pp-81-85, 1947.
- [13] Bogdanović, V., Papić, Z., Ruškić, N., & Leković, M. (2010) Defining the vehicle movement parameters on signalized intersections approaches, Opatija, CETRA – International Conference on Road and Rail Infrastructure, 91-97
- [14] Bogdanović, V., Ruškić, N., Papić, Z., & Simeunović, M. (2013) The research of vehicle acceleration at signalized intersections, Promet – Traffic & Transportation, vol. 25, 33-42
- [15] Bogdanović, V., Ruškić, N., & Saulić, N. (2012). Analiza kapaciteta polukružnih okretanja. Put i saobraćaj, 58(4), 17-21.

ПРОЦЕНА МИНИМАЛНЕ ВИСИНЕ ПУТАРИНЕ ЗА ПУТНЕ КОНЦЕСИЈЕ

мр Невена Вајдић¹, дипл.инж.грађ.

E mail: nevena.vajdic@gmail.com

др Горан Младеновић², дипл.инж.грађ.

E mail: emladen@imk.grf.bg.ac.rs

др Cesar Queiroz², дипл.инж.

E mail: queiroz.cesar@gmail.com

¹ АД Аеродром Никола Тесла Београд, Србија

² Грађевински факултет Универзитета у Београду, Србија

Прегледни рад

Резиме: Јавно приватно партнерство (ЈПП) је метода реализације пројекта која се користи у многим земљама. Главна предност ове методе у поређењу са традиционалном методом је у коришћењу приватних фондова за јавне пројекте. У случају ЈПП пројекта за путеве, уобичајени механизам сервисирања приватних инвестиција је преко наплате путарине корисницима пута. Иако висина путарине може бити одређена од стране државе, постоје одређена ограничења које минимална висина путарина мора да задовољи. Ова ограничења се углавном односе на финансијске параметре као што су интерна стопа рентабилитета пројекта или индекс сервисирања дуга. И остали пројектни параметри као што су цена изградње пројекта или ниво учешћа државе кроз субвенције такође имају утицаја на висину путарине. Циљ овог рада је да се истраже зависности између висине путарине и неколико техничких параметара пројекта.

Кључне речи: путарина, путне концесије, јавно приватна партнерства, коефицијент еластичности

ESTIMATING MINIMUM TOLL RATES FOR ROAD CONCESSIONS

Nevena Vajdić¹, M.Sc., C.Eng.

E mail: nevena.vajdic@gmail.com

Goran Mladenović², PhD, C.Eng.

E mail: gmlad2003@yahoo.com

Cesar Queiroz², PhD, C.Eng.

E mail: queiroz.cesar@gmail.com

¹ PE Airport Nikola Tesla Belgrade, Serbia

² Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Serbia

Review paper

Abstract: Public private partnership (PPP) is a project delivery method which is used in many countries. The main advantage of this method compared with traditional method is in the allocation of private funds which are used for public goods. Under road PPP projects a commonly used mechanism for the repayment of the private investment is charging tolls to the facility users.

Although the toll rate may be set by the government, there are certain constraints which the minimum toll rate has to meet. These constraints are mainly related to financial parameters such as project's internal rate of return (IRR) and debt service coverage ratio (DSCR). In addition to these constraints, other project's parameters such as construction cost, or level of government subsidies also have an impact on toll rates. The objective of this paper is to investigate the relationship between the level of toll rates and several project technical parameters.

Key words: toll rates, road concessions, Public private partnerships, elasticities

1. УВОД

Суочавајући се са проблемима ограничених буџета, јавни сектор је у константној потражи за најбољим решењима која омогућавају одржавање постојеће инфраструктуре и реализацију нових пројеката. Поред наведеног проблема ограничених буџета, такође је присутан и притисак јавности на смањење саобраћајних гужви и последичног утицаја на животну средину. Сви ови разлози су допринели значајнијем учешћу приватног сектора у реализацији пројеката јавне инфраструктуре.

Одлука да ли ће неки пројекат бити реализован као Јавно приватно партнерство (ЈПП) или не доноси се од стране јавног сектора, на основу свеобухватне анализе техничких и финансијских параметара пројекта, која врло често укључује и компаративну анализу цене пројекта по јавни сектор у зависности да ли се изводи као класичан пројекат финансиран из буџета или као ЈПП пројекат. Да би пројекат био изведен као ЈПП, постоје одређени захтеви које он мора да испуни да би био исплатив који се свде на анализу трошкова и прихода и у великој мери зависе од очекиваног нивоа саобраћаја.

Идентификација и управљање ризицима је један од кључних делова ЈПП пројекта. Ниво ризика једног пројекта се везује за могућност пројекта да оствари профит. Међу најважније ризике у ЈПП уговорима спадају ризици саобраћаја и прихода. Цена ових ризика се одражава у цени позајмљивања новца на тржишту, тј. у висини каматне стопе. Поред прогнозираног саобраћаја, у утврђивању ризика прихода јавни и приватни сектор се у великој мери ослањају на висину путарине путем које се остварује приход пројекта. У неким случајевима, путарина може бити постављена од стране јавног сектора који, у фази тендера, потражује од приватног сектора временски оквир као понуду за концесију, тј. трајање концесије коју је концесионар вољан да прихвати за задату висину путарине.

У другим случајевима, путарина није одређена од стране јавног сектора и може бити предмет преговора. Јавни сектор тежи да обезбеди минималну путарину која је социјално прихватљива и која ће привући кориснике да користе пут. Са друге стране, приватни сектор одређује висину путарине на основу прогнозе саобраћајне потражње, процењених трошкова изградње, одржавања и управљања и трајања концесије која ће задовољити финансијски аспект пројекта.

Циљ овог рада је да се истраже релације између висине путарине и других финансијских и техничких параметара који дефинишу путну концесију. У ову сврху, развијен је математички модел помоћу кога се процењује минимална висина путарине која је неопходна да би привукла приватне инвеститоре узимајући у обзир финансијска ограничења. Приступ који је изабран за иситивање осетљивости изабраних параметара на потенцијалне промене у улазним вредностима, тј. техничким параметрима пројекта, је одређивање коеф. еластичности.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Swan и Belzer [1] су спровели емпиријску студију о прерасподели тешких теретних возила са аутопутева са системом наплате на путеве без наплате због значајног пораста цене путарине. Резултати анализе путева у држави Охајо, САД, су показали да тешки теретни саобраћај прелази на путеве без наплате долази уколико се повећа цена путарине, која проузрокује повећања укупне цене транспорта. Повећање броја тешких теретних возила на путевима без наплате путарине проузрокује и повећање цене одржавања ових деоница што проузрокује додатни притисак на већ ограничене буџете за изградњу и одржавање путне мреже.

Анализирајући еластичност цене саобраћајне потражње, Hirschman и ост. [2] су анализирали осетљивост саобраћајног оптерећења у зависности од висине путарине. За анализу су користили вишеструку линеарну регресиону анализу коју су применили на временску серију података о саобраћајном оптерећењу на мостовима и тунелима у New York-у. Аутори су поред путарине у модел укључили четири независне променљиве: запосленост, категорију возила, цену карте јавног саобраћаја (метро) и цену горива. Анализа је показала веома ниске вредности коефицијента еластичности. Овакав резултат показује да, за обрађене податке, повећање цене путарине нема значајан утицај на саобраћајно оптерећење, што је карактеристично за „локални“ путнички саобраћај, што је углавном и случај са мостовима и тунелима у New York-у.

Међутим, неке студије показују другачије коефицијенте еластичности путарине. На пример, Matas и Raymond [3] су израчунали различите коефицијенте еластичности путарине за разне деонице аутопутева у Шпанији, у распону од -0.21 до -0.83. Закључили су да овај распон и варијабилност у вредностима може да се објасни променљивима које се односе на ниво услуге алтернативних праваца, дужине деонице, и локације деонице (нпр. туристичка зона). Уколико су алтернативни правци загушени, већа је уштеда времена при коришћењу деонице са путарином, па је потражња мање еластична.

Noland [4] је спровео емпиријску студију у којој је испитивао да ли повећање капацитета деонице аутопута подразумева и повећање обима саобраћаја. Анализа је укључила податке о дужини по траци аутопута и пређених миља по возилу у САД. У вишеструкој линеарној регресионој анализи такође су укључени и подаци о популацији, просечним приходима по становнику и цени горива као независним променљивим. Одређивањем коефицијента еластичности је утврђено да повећање капацитета аутопута има утицај на број пређених миља по возилу, што значи да се повећава обим саобраћаја на аутопуту.

3. ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

Подаци за модел су израчунати помоћу апликације Toolkit for PPP in Roads and Highways, која је развијена од стране Светске банке и Public-Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF) [5]. Овај алат омогућава доносиоцима одлука прелиминарну финансијску анализу ЈПП пројекта у путном сектору. Апликација укључује графички и нумерички финансијски симулациони модел. Графички модел се користи као дијагностички алат за прелиминарне анализе, док је нумерички модел нешто детаљнији и служи за прве анализе пројекта на нивоу студије оправданости.

Графички модел је коришћен за израчунавање минималне висине путарине као функције претпостављених улазних параметара који карактеришу потенцијални ЈПП пројекат. Постоје четири различите групе улазних параметара са укупно 18 улазних података који се односе на:

- а) техничке параметре пројекта, укључујући трајање концесије, цену изградње, време изградње, поделу трошкова за време изградње, трошкове управљања, почетни саобраћај, годишњи раст саобраћаја, и висину путарине;
- б) финансијску структуру пројекта са два улазна параметра: проценат учешћа јавног сектора у укупним трошковима и проценат сопственог капитала концесионара (проценат укупног дуга

се прорачунава тако да је укупан збир једнак 100%);

- в) структуру дуга, која обухвата четири параметра: трајање кредита, каматну стопу, начин отплате дуга и грејс период;
- г) економске параметре специфичне за државу у којој се пројекат изводи: стопу инфлације, висину пореза, каматну стопу, и стопу пореза на додату вредност.

Графички модел израчунава кључне финансијске параметре за дефинисане улазне податке. Ови финансијски параметри су:

- финансијска интерна стопа рентабилитета пројекта (project financial internal rate of return, FIRR),
- интерна стопа рентабилитета уложеног капитала (equity internal rate of return, return on equity, ROE),
- годишњи индекс сервисирања дуга (annual debt service cover ratio, ADSCR) и
- индекс сервисирања целокупног дуга (loan life cover ratio, LLCR).

Нето садашња вредност пројекта, пореза и субвенција државе се такође обрачунавају у моделу.

Моделом се може одредити минимална висина путарине која ће задовољити постављене финансијске услове. Другим речима, за изабрани сет улазних параметара, може се пронаћи путарина тако да су FIRR, ROE, ADSCR и LLCR изнад минималних захтеваних вредности.

Користећи математичке релације дефинисане у Графичком моделу, нови детерминистички модел који је развијен у оквиру овог рада израчунава минималну висину путарине за задати сет улазних пројектних параметара и за минималне захтеване вредности финансијских ограничења. Модификована верзија модела је такође развијена за израчунавање максималне цене изградње која је дозвољена како би висина путарине остала у оквиру претходно постављене вредности. Другим речима, ако је висина путарине унапред дефинисана, модел израчунава максималну дозвољену цену изградње како би се пројекат одржао финансијски исплативим.

Осетљивост путарине и цене изградње на промене неког од пројектних параметара је утврђена помоћу коефицијента еластичности. Еластичност $\varepsilon_{x,y}$ параметра „x“ на промену параметра „y“ може се изразити као:

$$\varepsilon_{x,y} = \frac{\frac{\Delta x}{x_0}}{\frac{\Delta y}{y_0}} \quad (1)$$

где је:

Δx - промена параметра „x“,

x_0 - иницијална вредност параметра „x“,

Δy - промена параметра „y“ и

y_0 - иницијална вредност параметра „y“.

Израчунате вредности еластичности представљају процентуалну промену у висини путарине или цене изградње услед процентуалне промене неког од техничких или финансијских параметара, као што је нпр. просечни годишњи дневни саобраћај (ПГДС). С обзиром да еластичност путарине у односу на обим саобраћаја може да варира од не-еластичне до еластичне, тешко је одредити у фази развоја пројекта која ће еластичност бити онда када је пројекат у својој оперативној фази. Из овог разлога, у овом раду је претпостављено да је однос висине путарине у односу на обим саобраћаја не-еластичан, тј. промене у висини путарине немају значајан утицај на обим саобраћаја. Оваква претпоставка је применљива нпр. на саобраћај ка/са посла или деонице чији алтернативни, бесплатни правци су веома загушени. Резултати анализе су представљени у следећем поглављу.

4. АНАЛИЗЕ

За утврђивање везе између висине путарине и техничких параметара самог пројекта урађено је неколико анализа. Прво, путарине су анализирани у функцији од цене изградње и почетног дневног саобраћаја. Ова анализа служи као основ за боље разумевање осетљивости цене путарине у односу на варијације цене изградње и дневног саобраћаја. Почетни дневни саобраћај је изражен преко ПГДС-а у првој години путне концесије, док је цена путарине изражена као просечна путарина изражена у америчким доларима по возилу. Претпостављајући да се структура саобраћајног тока на посматраној деоници састоји од путничких возила, теретних возила и аутобуса, просечна путарина може да се израчуна помоћу следећег израза:

$$WATR = (\%C * TR_c + \%T * TR_t + \%B * TR_b) / 100 \quad (2)$$

где су:

- %C - проценат путничких аутомобила,
- %T - проценат теретних возила,
- %B - проценат аутобуса;
- TR_c , TR_t и TR_b - путарине за путничка кола, теретна возила и аутобусе, респективно.

У табели 1 су сумирани улазни параметри и ограничења која су коришћена у анализи.

На слици 1 су представљени резултати анализе. На хоризонталној оси су дати процењени трошкови изградње деонице до пуштања у оперативну употребу, а на вертикалној оси путарине изражене преко просечних путарина. Са порастом трошкова изградње расте и минимална захтевана путарина. При томе за ниже вредности ПГДС-а (изражено у возилима на дан – в/д), путарина расте брже. Анализа еластичности пружа више информација о осетљивости путарине у односу на промене у улазним параметрима. Еластичност $\varepsilon_{tr,cc}$ путарине (TR) у односу на промене у трошковима изградње (ΔCC) је дефинисана као:

Табела 1. Улазни параметри

Параметри пројекта

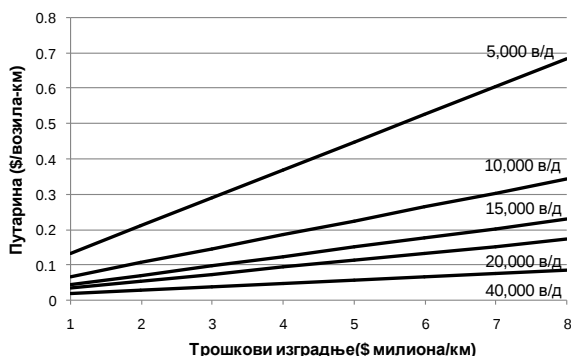
Трајање концесије = 20 година
 Период изградње = 2 године
 Трошкови одржавања и администрације = \$100,000 по km годишње (без варијабилних трошкова)
 Расподела радова изградње = У 1. години 50%, у 2. год. 50%
 Капитал = 40% од трошкова изградње
 Државна субвенција трошкова изградње = 40% од трошкова изградње
 Годишњи раст саобраћаја = 4% годишње
 Инфлација = 4% годишње
 Порез на додату вредност (ПДВ) = 18%
 Порез на добит правних лица = 10%
 Реална дисконтна стопа у држави = 4%

Услови кредита

Номинална каматна стопа = 15% годишње
 Тип отплате = на годишњем нивоу (основица + камата = константно)
 Грејс период = 2 године; Период отплате = 14 година

Финансијска ограничења

Финансијска интерна стопа рентабилитета пројекта (FIRR) $\geq 12\%$
 Интерна стопа рентабилитета уложеног капитала (ROE) $\geq 16\%$
 Индекс сервисирања целокупног дуга (LLCR) ≥ 1.2
 Годишњи индекс сервисирања дуга (ADSCR) ≥ 1.2



Слика 1. Просечна путарина у зависности од трошкова изградње и ПГДС-а

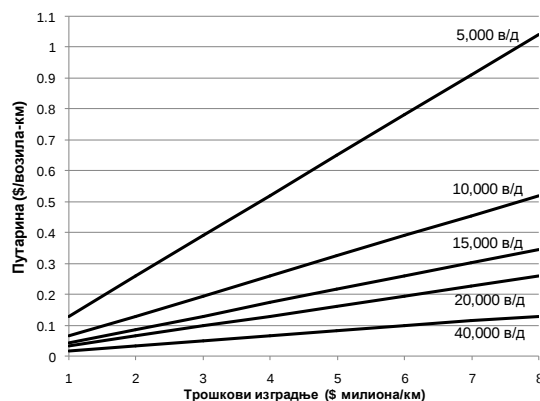
$$\varepsilon_{tr,cc} = \frac{\frac{\Delta TR}{TR_0}}{\frac{\Delta CC}{CC_0}} \quad (3)$$

где су:

ΔTR - промена цене путарине,
 TR_0 - путарина у иницијалној тачки анализе
 ΔCC - промена у цени изградње и
 CC_0 - иницијална цена изградње.

Израчуната еластичност зависи од избора иницијалне тачке. На пример, ако је иницијална процена цене изградње 5 милиона US\$/km, онда је еластичност висине путарине у односу на промене ове вредности цене изградње 0.89. Другим речима, ако се иницијална цена изградње од 5 милиона US\$/km промени за 1%, висина путарине ће се променити за 0.89%. Слично, еластичност путарине у односу на иницијалну цену изградње од 4 милиона US\$/km је 0.85, док је за цену изградње од 7 милиона US\$/km еластичност 0.91.

У првој анализи, трошкови одржавања и администрације су посматрани као константни за све анализе, без обзира на трошкове изградње. Као реалнији приступ, у другој анализи претпостављено је да су трошкови одржавања и администрације на годишњем нивоу (OC) функција од укупних трошкова изградње (CC), изражено као $OC=0.1*CC$. Слично као и у првој анализи, просечна путарина је анализирана у функцији од ПГДС-а, цене изградње и трошкова одржавања и администрације. На слици 2 су представљени сумарни резултати ове друге анализе.



Слика 2. Просечна путарина у функцији од трошкова изградње, ПГДС-а и трошкова одржавања и администрације

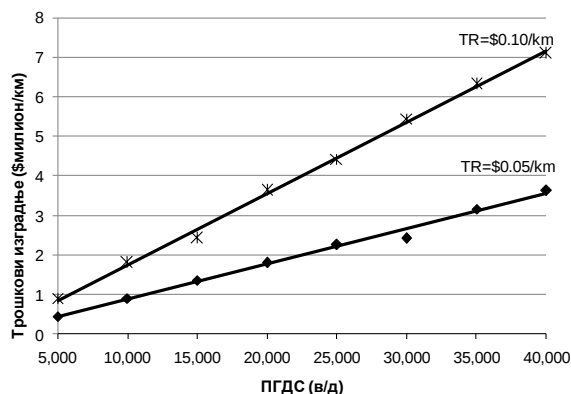
Минимална висина путарине потребна за учешће приватних инвеститора расте са порастом трошкова изградње, а опада са порастом ПГДС-а. Ниже вредности ПГДС-а узрокују веће путарине како би се остварили приходи довољни да одрже пројекат финансијски исплативим.

Упоредивањем слика 1 и 2 увиђа се да је путарина већа у другој анализи. На пример, за ПГДС од 20,000 в/д и цену изградње од 5

милиона US\$/km, у првој анализи израчуната путарина је 0.1 US\$ по возилу по km, док је у другој анализи 0.15 US\$. С обзиром да је једина разлика у овим анализама у процени трошкова одржавања и администрације (у првој анализи ови трошкови су константни, док су у другој функција трошкова изградње), може се закључити да модел коришћен за процену трошкова одржавања и администрације може имати значајан утицај на висину путарине.

Еластичност је такође израчуната за ову анализу за све вредности трошкова изградње и све израчунате вредности коефицијената еластичности су једнаке јединици. Другим речима, ако се вредности трошкова изградње промене за 1%, путарина ће се такође променити за 1%.

Трећа анализа је урађена ради утврђивања везе између цене изградње и других техничких параметара. Повод за овај приступ је у проналажењу максималних трошкова изградње за прогнозирани ПГДС и задату висину путарине који ће обезбедити финансијски одржив пројекат. Резултати ових анализа су представљени на слици 3. На хоризонталној оси је представљен ПГДС, док су на вертикалној оси дати максимални трошкови изградње по километру. Остали параметри су као у табели 1.



Слика 3. Максимални трошкови изградње у функцији од ПГДС-а и висине путарине

Када је путарина задата, и ПГДС расте, максимални дозвољени трошкови изградње такође расту. Примена ове анализе је нарочито корисна у процесу доношења одлука о потенцијалној фазној реализацији пројекта. Ако је максимална цена изградње добијена овом анализом довољна за полу-аутопутни профил, пројекат треба разматрати кроз фазну изградњу. Еластичност у свим случајевима је једнака јединици. Другим речима, ако се ПГДС промени за 1%, максимални трошкови изградње ће се променити такође за 1%.

5. ЗАКЉУЧАК

Стварна цена путарине која се наплаћује корисницима обично је резултат проналажења компромиса између доступности корисницима и одрживости пројекта са његовом исплативошћу за приватни сектор. У фази планирања може се проценити минимална висина путарине која задовољава ове захтеве.

Циљ овог рада је био да истражи зависност између путарине и техничких параметара самог пројекта. Емпиријске студије и анализе еластичности путарине из литературе углавном укључују „спољне“ променљиве као што су цена горива и проценат незапослености, тј. ризици који су ван контроле приватног партнера. У овом раду, фокус је на променљивима које се могу контролисати и којим се може управљати на нивоу пројекта као што су трошкови изградње и одржавања, тј. „унутрашњи“ параметри пројекта.

Резултати показују да је висина путарине осетљива на промене у трошковима изградње и одржавања пројекта. Анализа је такође урађена ради утврђивања везе између цене изградње, ПГДС-а и захтеване висине путарине која ће обезбедити финансијски одржив пројекат. Ако су сви остали параметри непромењени, путарина зависи од цене изградње, трошкова одржавања и администрације, и ПГДС-а.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Swan, P.F., Belzer, M.H. (2008). Empirical evidence of toll road traffic diversion and implication for highway infrastructure privatization. *Transportation Research Board 87th Annual Meeting*, Washington D.C.
- [2] Hirschman, I., McKnight, C., Pucher, J., Paaswell, R.E., Berechman, J. (1995). Bridge and tunnel toll elasticities in New York: some recent evidence. *Transportation*, 22(2), 97-113.
- [3] Matas, A., Raymond J.L. (2003). Demand Elasticity on Tolerated Motorways. *Journal of Transportation and Statistics*, 6(2/3), 91-108.
- [4] Noland, R.B. (2001). Relationship between highway capacity and induced vehicle travel. *Transportation Research Part A*, 35, 47-72.
- [5] World Bank & the Public-Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF) (2009). Toolkit for PPP in roads and highways. World Bank, Washington D.C. Доступно преко: <http://www.ppiaf.org/ppiaf/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/index.html> (05. 01. 2011.)
- [6] Ćirilović, J., Vajdić, N., Mladenović, G., & Queiroz, C. (2012). Procena troškova rehabilitacije i rekonstrukcije u sistemima za upravljanje održavanjem puteva. *Put i saobraćaj*, 58(2), 5-13.
- [7] Mladenović, G. (2009). Razvoj programa za analizu troškova životnog veka kolovoza - Life Cycle Cost Analysis Graph Tool (LCCAGT). *Put i saobraćaj*, 56(1), 10-17.



"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; +381 11 304 88 89;

e-mail: viaprojekt@viaprojekt.rs

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 10 godina firma je bila angažovana na vrlo velikim, značajnim projektima od interesa za gradove i Republiku.



*Regionalni put R234
deonica Sebilje - Kuti*

Poštujući Investitore, a ceneći znanje i stručnost, u proteklom periodu urađeno je:

-  ~200 km projekata rehabilitacije magistralne i regionalne mreže puteva
-  ~40 mostova (Idejnih i Glavnih)
-  ~10 raskrsnica (prvi smo uradili kružne raskrsnice u Srbiji)
-  ~100 projekata saobraćajne signalizacije, kako trajne tako i privremene
-  ~20 klizišta
-  ~20 opasnih mesta
-  više platoa, parkinga, prilaza, uređenja površina.....

Navodimo neke od bitnijih projekata kao što su:

-  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 za Nikšić – Podgorica, deonica: Paprati-Bogetići
-  Izrada Glavnog projekta regionalnog puta R-226, deonica: Kraljevo – Čačak, L= 12km
-  Izrada izmene projekta rehabilitacije puta M-5, Kraljevo – Kruševac, L= 37 km

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

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

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



*Most preko reke Kamenice
na putu Mršelje - Bogdanci*

UPOREDNA ANALIZA UTICAJA REHABILITACIJE DRŽAVNOG PUTA PRVOG I DRUGOG REDA NA BRZINE

prof. dr Krsto Lipovac, dipl. inž.

Kriminalističko policijska akademija, k.lipovac@gmail.com

doc. dr Dalibor Pešić, dipl. inž.

Saobraćajni fakultet u Beogradu, d.pesic@sf.bg.ac.rs

Nenad Marković, dipl. inž.

Saobraćajni fakultet u Beogradu, n.markovic@sf.bg.ac.rs

M. Sc. Marko Trifunović, dipl. inž.

Saobraćajni fakultet u Beogradu, marko.trifunovic01@gmail.com

Pregledni rad

Rezime: Ovo istraživanje ima za cilj da ispita uticaj rehabilitacije kolovoznog zastora državnog puta prvog i državnog puta drugog reda na ponašanje vozača u pogledu brzine kretanja. Efekti rehabilitacije ispitivani su na osnovu podataka dobijenih sa brojača saobraćaja stacioniranim u Lukovu (državni put prvog reda) i sa brojača saobraćaja stacioniranim u Leštanima (državni put drugog reda), za period pre i period posle rehabilitacije. Analiza rezultata brzina kretanja 51 604 vozila snimljena na brojaču saobraćaja za državni put prvog reda ukazuje da se posle rehabilitacije povećava prosečna brzina za 13 km/h, a 85% percentil prosečne brzine za 9 km/h, dok se standardno odstupanje prosečnih brzina smanjuje za 3,1 km/h. Rezultati istraživanja brzina kretanja 216 227 vozila snimljena na brojaču saobraćaja za državni put drugog reda ukazuju da se posle rehabilitacije povećava prosečna brzina za 5 km/h, a standardno odstupanje prosečnih brzina se smanjuje za 4,1 km/h.

Ključne reči: rehabilitacija, prekoračenje brzine, ograničenje brzine, državni put, brojač saobraćaja.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INFLUENCE OF ROAD REHABILITATION AT ROADS OF FIRST AND SECOND ORDER TO SPEEDS

Krsto Lipovac, Ph.D. T.E.

Academy of Criminalistic and Police Studies, k.lipovac@gmail.com

Dalibor Pešić, Ph.D. T.E.

Faculty of Traffic and Transport Engineering, Belgrade, d.pesic@sf.bg.ac.rs

Nenad Marković, B. Sc. T.E.

Faculty of Traffic and Transport Engineering, Belgrade,
n.markovic@sf.bg.ac.rs

Marko Trifunović, M. Sc.

Faculty of Traffic and Transport Engineering, Belgrade,
marko.trifunovic01@gmail.com

Review paper

Abstract: The aim of this research is to examine the influence of road rehabilitation at roads of first and second order to the driver behavior in terms of speed. Effects of road rehabilitation are examined using data received from traffic counter situated in Lukovo (first order road), and from traffic counter situated in Leštani (second order road), in period before and after rehabilitation. Data analysis about speeds of 51 604 vehicles at first order road shows that after rehabilitation average speed is increased for 13 km/h, and 85% percentile of average speed is increased for 9 km/h, while standard deviation of average speeds is reduced for 3,1 km/h. According to the results received from 216 227 vehicle speeds at traffic counter at second order road, average speed is increased after rehabilitation for 5 km/h, and standard deviation of average speeds is reduced after rehabilitation for 4,1 km/h.

Keywords: rehabilitation, speeding, speed limit, state road, traffic counter.

1. UVOD

Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije svakog dana više od tri hiljade ljudi smrtno strada u saobraćajnim nezgodama. Posmatrano na godišnjem nivou, u saobraćaju strada 1,3 miliona ljudi (WHO, 2012¹), a između 20 i 50 miliona ljudi (WHO, 2009²) biva povređeno u saobraćajnim nezgodama. Ekonomski troškovi saobraćajnih nezgoda dostižu 500 milijardi američkih dolara, a nacionalne budžete saobraćajne nezgode opterećuju najčešće u nivou od 1% do 3% bruto nacionalnog dohodka (WHO, 2009). Prema istraživanju (Antic et al. 2012), troškovi saobraćajnih nezgoda u Srbiji na nivou 2008. godine su iznosili 516 miliona evra, odnosno 1,4% GDP-a, što odgovara nivou troškova saobraćajnih nezgoda zemalja u tranziciji.

Najčešća okolnost nastanka saobraćajnih nezgoda, a neretko i uzrok je nepoštovanje ograničenja brzine. Brzina je uvek u direktnoj vezi sa nastalim posledicama i direktno utiče na težine nastalih povreda u saobraćajnim nezgodama. Sa povećanjem prekoračenja brzine raste i rizik od nastanka saobraćajne nezgode, a time i rizik od nastanka povreda. Odluka vozača o poštovanju ograničenja brzine na pojedinim deonicama puta, je njegova lična odluka, a koju vozač donosi na osnovu sopstvenih utisaka o bezbednosti. Na odluku vozača da li će poštovati ograničenje brzine i u kojoj meri će prekoračavati ograničenje, između ostalog, utiču faktori puta i putne okoline, kao što su izgled puta, stanje kolovoza, širina saobraćajnih traka, izgled okoline i slično (WHO).

¹ WHO (2012) Global Status Report on Road Safety, 18.03.2012. internet adresa: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/en/index.html

² WHO (2009) Global Status Report on Road Safety, 18.03.2012. internet adresa: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/en/index.html

Kako je brzina jedan od najčešćih uzroka teških posledica i smrtnih stradanja u saobraćajnim nezgodama, to bi bolje primenjivanje ograničenja brzine i bolje upravljanje brzinama spasilo 5800 poginulih i 185000 povređenih na putevima u Evropskoj uniji (ETSC, 2007).

U zavisnosti od stanja kolovoznog zastora uočeno je različito ponašanje vozača, odnosno uočeno je da sa degradacijom stanja i vozničkih karakteristika kolovoza dolazi do smanjenja brzine kretanja vozila. Imajući u vidu ovakvu zavisnost, moguće je pogrešno zaključiti da nema potrebe poboljšavati stanje kolovoza, niti vršiti rehabilitacije. Loše stanje kolovoza s jedne strane utiče na smanjenje brzina, dok s druge strane, može biti uzrok nastanka saobraćajnih nezgoda, tako da se pozitivan uticaj na smanjenje brzine veoma brzo kompenzuje stvaranjem opasnosti i nastankom povreda. Imajući u vidu zavisnost brzina kretanja od uslova odvijanja saobraćaja (put i putna okolina) neophodno je prepoznati sve faktore puta i okoline i utvrditi uticaj svakog pojedinačnog faktora na način ponašanja vozača. Definisanje ključnih faktora koji utiču na vozače bi u daljem radu omogućilo strateško planiranje primene željenih mera. Primena željenih i adekvatnih mera je neophodna u svim fazama, od izvođenja idejnog projekta do realizacije, kao i prilikom rehabilitacija već izgrađenih kolovoza, a sve u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja.

Leden i saradnici (1998.) su u istraživanju vršenom u Finskoj tokom 1991. i 1992. godine pokazali da za različite vremenske uslove dolazi do različitog povećanja brzine. Pokazano je da za suv kolovoz posle rehabilitacije prosečna brzina raste za 0,6 km/h, dok posle perioda prve zime prosečna brzina raste za 0,5 km/h u odnosu na brzine pre rehabilitacije. U ovom radu su autori takođe došli i do zaključka da se rizik od saobraćajnih nezgoda povećava nakon rehabilitacije za 7%, a zatim opada nakon prvog zimskog perioda (od 3% do 7%).

Istražujući uticaj rehabilitacije na bezbednost saobraćaja, Perez (2005.) je došao do zaključka da rehabilitacija kolovoza na vangradskim putevima, u kišnim uslovima, umanjuje broj saobraćajnih nezgoda od 15% do 70%, dok na vangradskim putevima u suvim vremenskim uslovima povećava broj saobraćajnih nezgoda za 10%.

Analizirajući uticaj rehabilitacije puta u naselju na brzine kretanja vozila, Trifunović (2013.) je došao do zaključka da posle rehabilitacije dolazi do povećanja 85% percentila prosečne brzine vozila za 5 km/h, pri čemu dolazi do povećanja 85% percentila prosečne brzine: putničkih automobila za 4,7 km/h, mopeda za 2,6 km/h, teretnih vozila za 3 km/h i autobusa za 2,8 km/h. Istražujući uticaj rehabilitacije puta na standardno odstupanje prosečnih brzina, autor

zaključuje da posle rehabilitacije dolazi do povećanja standardnog odstupanja prosečnih brzina: putničkih automobila za 1,2 km/h, mopeda za 1 km/h, teretnih vozila za 2,6 km/h i autobusa za 0,1 km/h. U ovom radu autor je takođe došao i do zaključka da posle rehabilitacije dolazi do povećanja broja vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja sa 34,7% (pre rehabilitacije) na 51,2% (posle rehabilitacije).

Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja o uticaju brzine na bezbednost saobraćaja neophodno je definisati metod kojim bi se ispitao samo uticaj rehabilitacije na brzine kretanja u zavisnosti od kategorije puta. Cilj ovog rada je da pokaže da li dolazi do promene ponašanja (u pogledu brzine kretanja vozilom) vozača pri različitom stanju kolovoznog zastora u zavisnosti od kategorije puta i definisanje stepena rizika za svaku od kategorija puta. Analiza je vršena na osnovu podataka dobijenih snimanjem brzina pomoću brojača saobraćaja stacioniranim na dve lokacije, na državnom putu drugog reda u mestu Leštane, i na državnom putu prvog reda u mestu Lukovo. Na deonicama na kojima je vršeno brojanje saobraćaja, u zoni brojača, brzina kretanja je ograničena postavljenim saobraćajnim znakom do 50 km/h.

2. METOD

Istraživanje brzina kretanja vozila vršeno je na osnovu podataka dobijenih sa brojača saobraćaja "JP Putevi Srbije", stacioniranim u Leštanima, na državnom putu drugog reda i u Lukovu na državnom putu prvog reda. Brojači saobraćaja prikupljaju informacije o saobraćajnim tokovima koji se kreću posmatranom deonicom, pri čemu su za ovu analizu korišćeni podaci o brzinama kretanja vozila. Osim podataka o brzini svakog zabeleženog vozila, korišćeni su i podaci o prosečnoj, minimalnoj i maksimalnoj brzini kretanja kao i podaci o raspodeli brzina kretanja vozila.

Za analizu uticaja rehabilitacije kolovoza na brzinu kretanja vozila na državnom putu drugog reda (brojač u Leštanima) uzeti su podaci pre rehabilitacije u periodu od 08.10.2012. godine do 21.10.2012. godine, a za brzine kretanja posle rehabilitacije podaci od 10.12.2012. godine do 23.12.2012. godine. Za analizu uticaja rehabilitacije kolovoza na brzinu kretanja vozila na državnom putu prvog reda (brojač u Lukovu), za period pre rehabilitacije koristiće se podaci snimani od 06.12.2010. godine do 19.12.2010. godine, a za brzine kretanja posle rehabilitacije koristiće se podaci snimani od 01.10.2012. godine do 14.10.2012. godine.

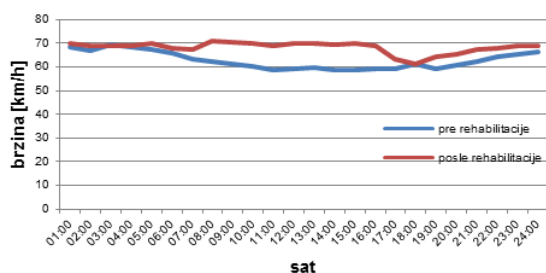
Na osnovu prikupljenih podataka sa brojača na državnim putevima prvog i drugog reda formirana je baza podataka u programu Microsoft Excel, u kojoj su posebno izdvojene prosečna, minimalna i maksimalna brzina kretanja vozila, po satima u toku dana, za posmatrani period. Primenom 85% percentila i standardnog odstupanja, analizirane su prosečne brzine kretanja vozila pre rehabilitacije i posle rehabilitacije.

Tokom posmatranog perioda, na brojaču saobraćaja u Leštanima, snimljene su brzine 216 227 vozila, od čega je brzina 123 119 vozila snimljena pre rehabilitacije i 93 108 vozila posle rehabilitacije. Na brojaču saobraćaja u Lukovu u posmatranom periodu su snimljene brzine 51 604 vozila, od čega je brzina 21 238 vozila snimljeno pre rehabilitacije i 30 366 vozila posle rehabilitacije. Usled raspoloživih podataka sa brojača saobraćaja, ograničenja ovog rada bi bila nedostatak podataka o vremenskim uslovima u vreme brojanja (uticaj vremenskih uslova), kao i razlike u uzorcima sa istog brojača, za period pre i posle rehabilitacije.

3. REZULTATI

3.1. Rezultati prosečnih brzina, sa brojača saobraćaja na državnom putu drugog reda (Leštane)

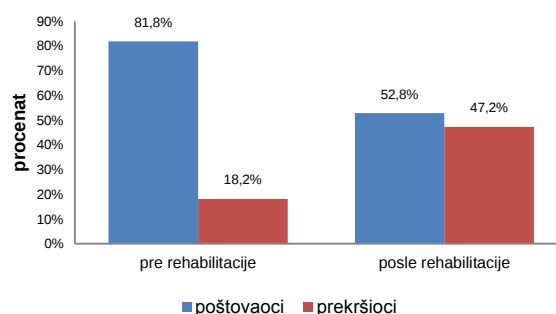
Analiza brzina kretanja vozila sprovedena je za rezultate prosečnih brzina, za period pre i posle rehabilitacije kolovoznog zastora. Raspodela prosečnih brzina kretanja vozila (Slika 1) pokazuje da su prosečne brzine vozila pre rehabilitacije niže u odnosu na prosečne brzine vozila posle rehabilitacije. Uočena je razlika u prosečnim brzinama kretanja vozila u toku dana, pri čemu su prosečne brzine pre i posle rehabilitacije približno jednake u periodu od 1:00 do 07:00 sati. Nakon navedenog perioda u toku dana dolazi do povećanja prosečne brzine u periodu posle rehabilitacije, sve do 18:00 sati kada dolazi do izjednačavanja prosečnih brzina kretanja vozila. Statistička analiza rezultata prosečnih brzina kretanja vozila, pokazuje da je prosečna brzina kretanja vozila pre rehabilitacije 63 km/h, dok je 85% percentil brzine 71 km/h. Prosečna brzina vozila posle rehabilitacije je 68 km/h, dok je 85% percentil brzine posle rehabilitacije 71 km/h i nije promenjen u odnosu na period pre rehabilitacije.



Slika 1. Prosečne brzine kretanja vozila

Analiza rezultata pomoću standardnog odstupanja, pokazuje da je standardno odstupanje prosečnih brzina, posle rehabilitacije ($\delta = 5,8$ km/h) niže u odnosu na standardno odstupanje prosečnih brzina pre rehabilitacije ($\delta = 9,9$ km/h).

Analiza brzina kretanja učesnika u saobraćaju ukazuje na to da se posle rehabilitacije povećao broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja (Slika 2). Pre rehabilitacije 18,2% vozača prekoračilo je ograničenu brzinu kretanja, dok je posle rehabilitacije 47,2% vozača prekoračilo ograničenu brzinu kretanja.



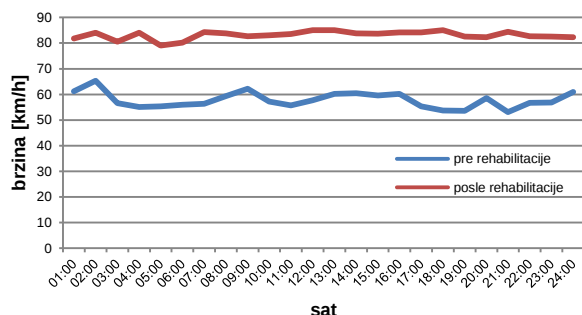
Slika 2. Procentualno učešće prekoračenja ograničenja brzine kretanja

Na osnovu prikazanih rezultata prosečnih brzina kretanja vozila, dobijenih sa brojača saobraćaja u Leštanima, može se zaključiti da su prosečne brzine posle rehabilitacije povećane za 5 km/h, pri čemu su 85% percentili brzine ostali nepromenjeni, a standardno odstupanje prosečnih brzina je smanjeno posle rehabilitacije za 4,1 km/h. Brzine vozila, snimljene brojačem saobraćaja u Leštanima, ukazuju na to da se posle rehabilitacije povećao i procenat vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja.

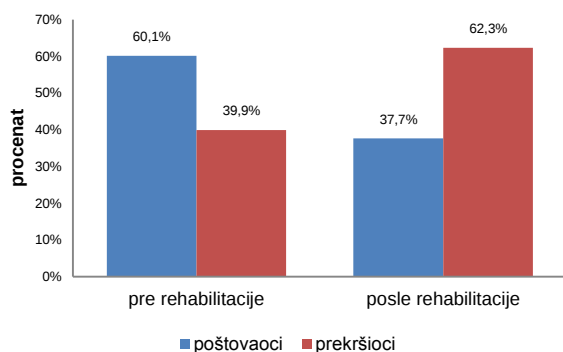
3.2. Rezultati prosečnih brzina, sa brojača saobraćaja na državnom putu prvog reda (Lukovo)

Analizom prosečnih brzina kretanja vozila utvrđeno je da prosečne brzine, za period pre i posle rehabilitacije, odgovaraju približno ravnomernoj raspodeli (Slika 3). Tokom posmatranog perioda u toku dana dnevne oscilacije prosečnih brzina se približno menjaju, tako da prate pad i porast prosečne brzine pre i posle rehabilitacije. Na osnovu analiziranih podataka uočena je značajna razlika u prosečnim brzinama kretanja vozila pre rehabilitacije i posle rehabilitacije.

Analiza rezultata prosečnih brzina kretanja pokazuje da je prosečna brzina vozila pre rehabilitacije 70 km/h, dok je 85% percentil brzine 79 km/h. Prosečna brzina vozila posle rehabilitacije je 83 km/h, dok je 85% percentil brzine posle rehabilitacije 88 km/h.



Slika 3. Prosečne brzine kretanja vozila



Slika 4. Procenatualno učešće prekoračenja ograničenja brzine kretanja

Statistička analiza rezultata pomoću standardnog odstupanja prosečnih brzina vozila pokazuje da je za period pre rehabilitacije standardno odstupanje $\delta = 9$ km/h, dok je za period posle rehabilitacije standardno odstupanje prosečnih brzina $\delta = 5,9$ km/h, odnosno može se zaključiti da je posle rehabilitacije niže standardno odstupanje prosečnih brzina u odnosu na period pre rehabilitacije.

Posmatrajući broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja pre rehabilitacije i posle rehabilitacije (Slika 4), može se zaključiti da više vozača prekoračuje ograničenje brzine kretanja posle rehabilitacije. Pre rehabilitacije ograničenje brzine kretanja prekoračilo je 39,9% vozača, a posle rehabilitacije 62,3% vozača.

Na osnovu izvršenih analiza prosečnih brzina kretanja vozila uočeno je da su posle rehabilitacije prosečne brzine povećane za 13 km/h, pri čemu je 85% percentil brzine povećan za 9 km/h, a standardno odstupanje prosečnih brzina je smanjeno posle rehabilitacije za 3,1 km/h. Rezultati snimljenih brzina vozila sa brojača saobraćaja u Lukovu, takođe ukazuju na to da se posle rehabilitacije povećao procenat prekršioca ograničene brzine kretanja.

Uparednom analizom prosečnih brzina kretanja na državnom putu prvog reda i državnom putu drugog reda, može se zaključiti da je na državnom putu prvog reda prosečna brzina posle rehabilitacije povećana za 13 km/h (15,7%), dok je prosečna brzina na državnom putu drugog reda povećana za 5 km/h (7,3%). Rezultati standardnog odstupanja pokazuju da se posle rehabilitacije na državnom putu prvog reda standardno odstupanje prosečnih brzina smanjeno za 3,1 km/h (34,4%), dok se na državnom putu drugog reda standardno odstupanje prosečnih brzina smanjilo za 4,1 km/h (41,4%). Istraživanje takođe ukazuje da je posle rehabilitacije na državnom putu prvog reda veći procenat vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja (62,3%) u odnosu na državni put drugog reda (47,2%).

3. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja sa brojačke stanice za državni put drugog reda (Leštane) su pokazali da se posle rehabilitacije povećala prosečna brzina kretanja vozila za 5 km/h. Uočeno je da se posle rehabilitacije standardno odstupanje prosečnih brzina smanjilo za 4,1 km/h i da je 85% percentil brzine posle rehabilitacije ostao nepromenjen u odnosu na period pre rehabilitacije. Broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja posle rehabilitacije povećan je sa 18,2% (pre rehabilitacije) na 47,2%.

Imajući u vidu prethodno sprovedenu analizu za brzine kretanja vozila sa brojačke stanice za državni put prvog reda (Lukovo), dobijeni rezultati pokazuju da se posle rehabilitacije prosečna brzina povećala za 13 km/h, a 85% percentil brzine povećao za 9 km/h. Standardno odstupanje prosečnih brzina posle rehabilitacije smanjeno je za 3,1 km/h. Broj vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja posle rehabilitacije povećan je sa 39,9% (pre rehabilitacije) na 62,3%.

Analizirani rezultati ukazuju da rehabilitacija utiče na promenu ponašanja vozača u pogledu brzine. Istraživanje je pokazalo da posle rehabilitacije dolazi do povećanja prosečne brzine i broja prekršioca ograničenja brzine, a do sličnih rezultata su došli Leden i saradnici (1998) i Trifunović (2013).

Uočeno je da rehabilitacija na državnim putevima smanjuje standardno odstupanje prosečnih brzina, za razliku od rezultata do kojih je došao Trifunović (2013), a u kojima je uočeno da rehabilitacija puteva u naselju povećava standardno odstupanje prosečnih brzina.

Istraživanje pokazuje da postoje razlike u prosečnim brzinama, standardnom odstupanju prosečnih brzina i procentu vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu u odnosu na kategoriju puta na kome se vrši rehabilitacija. Rezultati, takođe ukazuju da su prosečne brzine, standardno odstupanje prosečnih brzina i procenat vozača koji prekoračuju ograničenu brzinu kretanja posle rehabilitacije veći na državnom putu prvog reda u odnosu na državni put drugog reda.

LITERATURA

- [1] WHO, World report on road traffic injury prevention – Risk factors, Chapter 3.
- [2] ETSC, European transport safety council, Traffic law enforcement across the EU, (2007).
- [3] Leden, L., Hamalainen, O., Manninen, E., (1998). The effect of resurfacing on friction, speed and safety on main roads in Finland, Accident Analysis and Prevention.
- [4] Perez, I. (2005). Safety impact of engineering treatments on undivided rural roads, Accident Analysis and Prevention.
- [5] Trifunović, M., (2013). Analiza uticaja rehabilitacije kolovoza na brzine, Master rad, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [6] Publikacija "Brojanje saobraćaja na državnim putevima Republike Srbije", Javno preduzeće "Putevi Srbije".
- [7] Antić, B., Pešić, D., Vujanić, M., & Lipovac, K. (2012). Metode identifikacije opasnih mesta na putevima. Put i saobraćaj, 58(3), 13-19.
- [8] Vujanić, M., Antić, B., Pešić, D., & Rosić, M. (2012). Značaj formiranja baze podataka o saobraćajnoj signalizaciji. Put i saobraćaj, 58(4), 23-28.

Naše betonske
zaštitne barijere su
fleksibilne i čvrste.

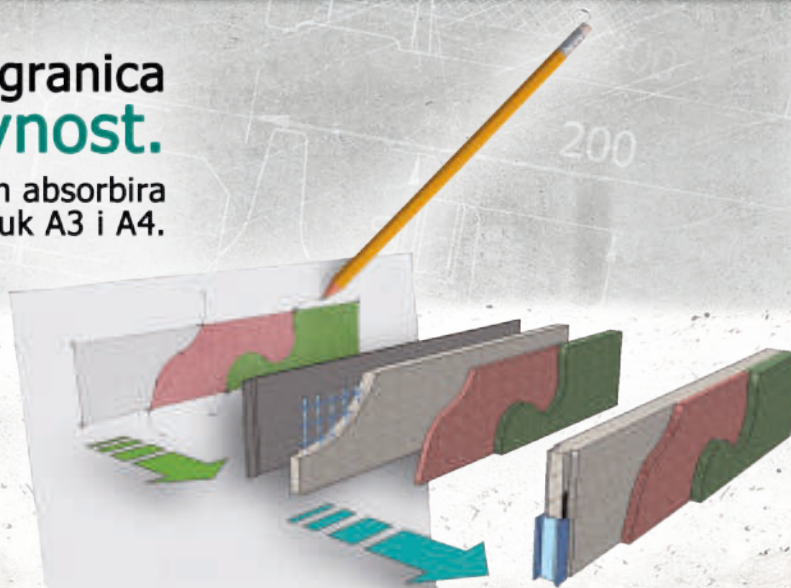
Odaberite odgovarajući sistem
zaštite saobraćaja.



DELATABLOC®
SAFETY BARRIERS

Jedina je granica
vaša kreativnost.

Sada vaš dizajn absorbira
zvuk A3 i A4.



PHONOBLOC®
NOISE BARRIERS



DELATABLOC International GmbH

Aškerčeva ulica 6,
9000 Murska Sobota, Slovenija

P: +386 817 101 35

F: +386 817 101 93

office@deltabloc.rs

www.deltabloc.rs

DELATABLOC International GmbH

Industriestrasse 28,
2601 Sollenau, Avstrija

P: +43 57715 / 470 - 0

F: +43 57715 / 470 - 474

office@deltabloc.com

www.deltabloc.com

СТУДИЈЕ ОПРАВДАНОСТИ СПЕЦИФИЧНИХ ПРОЈЕКТА – ОБИЛАЗНИЦЕ ГРАДОВА

- пример случаја Студија оправданости
обилазнице Котор Вароши -

др Драженко Главић, дипл.инж.саоб.

Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, drazen@via-vita.org.rs

мр Слободан Станаревић, дипл.грађ.инж.

Институт за грађевинарство "ИГ" д.о.о. Бања Лука

мр Небојша Кнежевић, дипл.инж.технол.

Институт за грађевинарство "ИГ" д.о.о. Бања Лука

Прегледни рад

Резиме: Често се приликом вредновања пројекта у путном инжењерству постављају захтеви за вредновање специфичних пројеката. Специфични пројекти су најчешће компликовани мрежни модели, обилазнице, петље, раскрснице (кружне, Т или крстасте), тунели, мостови, вијадукти, наплатне рампе и сл. У таквим случајевима није могућа директна примена стандардних методологија и софтвера, већ је потребно постојећу методологију прилагодити специфичности проблема. У овом раду је кроз пример случаја дат приказ вредновања специфичног пројекта обилазнице, у конкретном случају ради се о обилазници Котор Вароши. Често се приликом вредновања пројекта обилазница пишу погрешни и неадекватни пројектни задаци и прибегава из незнања наручиоца и обрађивача компликовању постојећег проблема кроз разна непотребна анкетирања и истраживања преобимних И-Ц матрица која се односе на целу државу, па чак и суседне државе и регион, а проблем се односи најчешће нпр. на пролазак М пута кроз насеље или град. Често се захтеве и примена неадекватних софтвера за ову врсту проблема. Примена наведених софтвера доводи до нетачних вредности оптерећења обилазнице, те се утврђивање расподеле токова на обилазницу и постојећу саобраћајницу у принципу своди на директно кориговање невероватних резултата добијених софтвером, најчешће кроз управљање импедансама и ограничењима типа бочне сметње, да би се добио жељен резултат. Принцип вредновања обилазница је најбоље објашњен у литератури [15] где се расподела с обзиром на И-Ц анкету ради по принципу да се сав транзитни ток и део И-Ц кретања премести на обилазницу. Кроз пример вредновања обилазнице Котор Вароши биће демонстрирана методологија из књиге [15] која кроз креативни приступ решава проблем вредновања обилазница.

Кључне речи: обилазница, студија оправданости, CBA, вредновање, RUC, VOC, TTC, специфични пројекат, И-Ц матрица анкета.

FEASIBILITY STUDY OF SPECIFIC PROJECTS – CITY BYPASS

- Feasibility case study of Kotor Varos bypass -

Drazenko Glavic, Ph.D. T.E.

Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade

Slobodan Stanarević, M.Sc. C.E.

Civil Engineering Institute "IG" Ltd. Banja Luka

Nebojsa Knezevic, M.Sc. Technology

Civil Engineering Institute "IG" Ltd. Banja Luka

Review paper

Summary: When evaluating projects in road engineering, often is the case to encounter the evaluation of specific projects. Specific projects are usually complicated network models, bypass roads, loops, junctions (circular, T or cross), tunnels, bridges, viaducts, toll gates and other. In such cases it is not possible direct application of standard methodologies and software's. Instead it is necessary to adapt the existing methodology for specific problems. This paper presents a case study of a specific project evaluation of bypass road, in this particular case it is the bypass Kotor Varos. Often when evaluating bypass projects faulty and inadequate written terms of reference are produced from the client. Using this TOR consultant usually complicating existing problems through various surveys and studies with unnecessary large scale O-D matrix, which is usually related to the whole country and even neighboring countries and regions, and the problem is for example, often passage of road through small settlement or city. Often inadequate software for this type of problem are applied. Application of the inadequate software causes incorrect AADT volume on the bypass, and the determination of the distribution of flows to bypass and to the existing road. Basically AADT volume on the bypass is directly corrected by user often through impedance control and such as lateral interference in order to get the desired result. The principle of evaluating bypass is best explained in literature [15] where the distribution with respect to the O-D survey is in the line with principle that the entire transit flows and part of O-D movement from existing road is transferred to bypass. Through example of Kotor Varos bypass case study this methodology from the book [15] will be presented. This methodology through a creative approach solve problem of the bypass evaluation.

Keywords: bypass road, feasibility studies, CBA, evaluation, specific projects, RUC, VOC, TTC, O-D matrix, interview.

1. УВОД

Приликом вредновања обилазница насеља и градова наручилац и обрађивач пројекат праве често из непознавања наведене проблематике грешке. Наручилац често не напише адекватан пројектни задатак. Док консултант трудећи се да испуни ставке пројектног задатка, као решење види примену разних, често непотребних анкетирања и истраживања И-Ц матрица које се односе на целу државу, регион па и на ЕУ, а проблем се односи најчешће нпр. на пролазак М или Р пута кроз насеље или град. Често се захтева и примена најчешће неадекватних софтвера за ову врсту проблема, и то у принципу у саобраћајном делу VISSIM и VISUM. Наведени софтвери су планерска алатка за решавање мрежних проблема расподеле саобраћајних токова и као такви се примењују за ту врсту проблема. Након уношења И-Ц матрица и података о мрежи саобраћајница и осталих података наведени софтвери најчешће дају невероватне резултате. На крају се примена наведених софтвера своди на директно кориговање невероватних резултата, најчешће кроз управљање импедансам и ограничењима да би се добио тзв. "жељен резултат". Примана наведених софтвера у већини случајева даје невероватне резултате, па је у стручној јавности познато да помоћу "мочионог" алата VISSIM и VISUM-а је могуће доказати све и добити било које жељено оптерећење или тзв. "жељен резултат".

Основни повод изградње обилазница као и њихова сврха је измештање тешког транзитног саобраћаја из најчешће центра града, односно обилазнице се праве у функцији измештања транзитних токова са градских саобраћајница и генерално, са подручја града. Проблем код вредновања обилазница се своди на И-Ц матрицу која ће показати процентуално учешће транзитних, И-Ц и локалних кретања. Принцип вредновања обилазница је да се сав транзит и део И-Ц кретања премести на обилазницу. Ефекти наведене прерасподеле су нови услови кретања за транзитне токове, као и побољшање услова кретања за преостале саобраћајне токове на старој транзитној саобраћајници кроз град. Ови ефекти се касније квантификују кроз економско вредновање или cost-benefit анализу.

Наведени специфични проблем вредновања је приказан кроз пример случаја обилазнице Котор Вароши. Вредновање обилазнице Котор Вароши решено израдом адекватног модела-алгоритма уз коришћење адекватних софтвера као алата у раду при свакој појединачној фази пројекта.

1.1. ПРЕДМЕТ

Предмет разматрања рада је приказ решења вредновања специфичних проблема кроз пример специфичне анализе оправданости обилазнице Котор Вароши.

1.2. ЦИЉ

Основни циљ рада је приказ креативног приступа решавању проблема вредновања специфичних пројеката-обилазница градова.

2. ОПШТЕ О ПРОЈЕКТУ

Циљеви изградње обилазнице Котор Вароши огледају се, пре свега, у отклањању испољених основних проблема саобраћаја у постојећем стању. Ови проблеми ће се отклонити преусмеравањем транзитних и делимично И-Ц и локалних токова са постојеће саобраћајнице која пролази кроз центар града на обилазницу Котор Вароши. Премештањем транзитних токова створиће се потпуно нови услови са високим нивоом услуге-НУ за токове на обилазници. Такође ће се у одређеној мери побољшати услови саобраћаја за локалне и почетно завршне токове, који ће остати на постојећој, сада растеређеној саобраћајници након изградње обилазнице. Преласком транзитног саобраћаја на обилазницу Котор Вароши побољшаће се услови у саобраћају, а истовремено ће се смањити бука и аеро загађење, као и број саобраћајних незгода на свеукупној градској мрежи а посебно на постојећем путу.

Општа карактеристика постојеће саобраћајне мреже на предметном подручју града Котор Вароши је да не постоји адекватна саобраћајница у граду која би могла да прихвати транзитна кретања, већ се иста одвијају кроз центар Котор Вароши и тако доприносе повећаном времену путовања кроз град, повећању временских губитака и смањењу експлоатационих брзина, као и смањењу безбедности односно повећању броја саобраћајних незгода проузрокованих конфликтом возило-пешак. Пролазак тешких теретних возила кроз најужи центар Котор Вароши додатно повећава негативно дејство транзитног саобраћаја кроз повећану буку, вибрације као и аерозагађење.

Траса будуће обилазнице кроз подручје града Котор Вароши иде источним ободима града и тако доприноси бољој повезаности ових делова града као и бољој повезаности следећих путних праваца:

- Магистрални путни правац М-4 Челинац-Котор Варош.
- Магистрални путни правац М-4 Котор Варош-Теслић.
- Регионални пут Р-413 Котор Варош-Кнежево.

Пошто сав саобраћај у постојећем стању пролази главном саобраћајницом кроз центар града, долази поготово у саобраћајним шпицевима до загушења саобраћајних токова, непотребног проласка транзитних токова кроз централне градске зоне, смањење безбедности пешака чије је кретање веома интензивно у централној зони града. Овакво стање условило је преплитање градских-локалних, почетно-завршних као и транзитних кретања и пешачких токова, који сви имају различите захтеве за остварењем транспортне услуге.

Решење овако незадовољавајућег стања је изградња обилазнице која би преузела на себе целокупан транзитни саобраћај и делимично почетно-завршна и локална кретања и на тај начин растеретила градско подручје Котор Вароши и знатно побољшала услове у саобраћају на територији целог града.

2.1. Основни задаци студије оправданости

Основни задаци Студије оправданости изградње обилазнице Котор Вароши су:

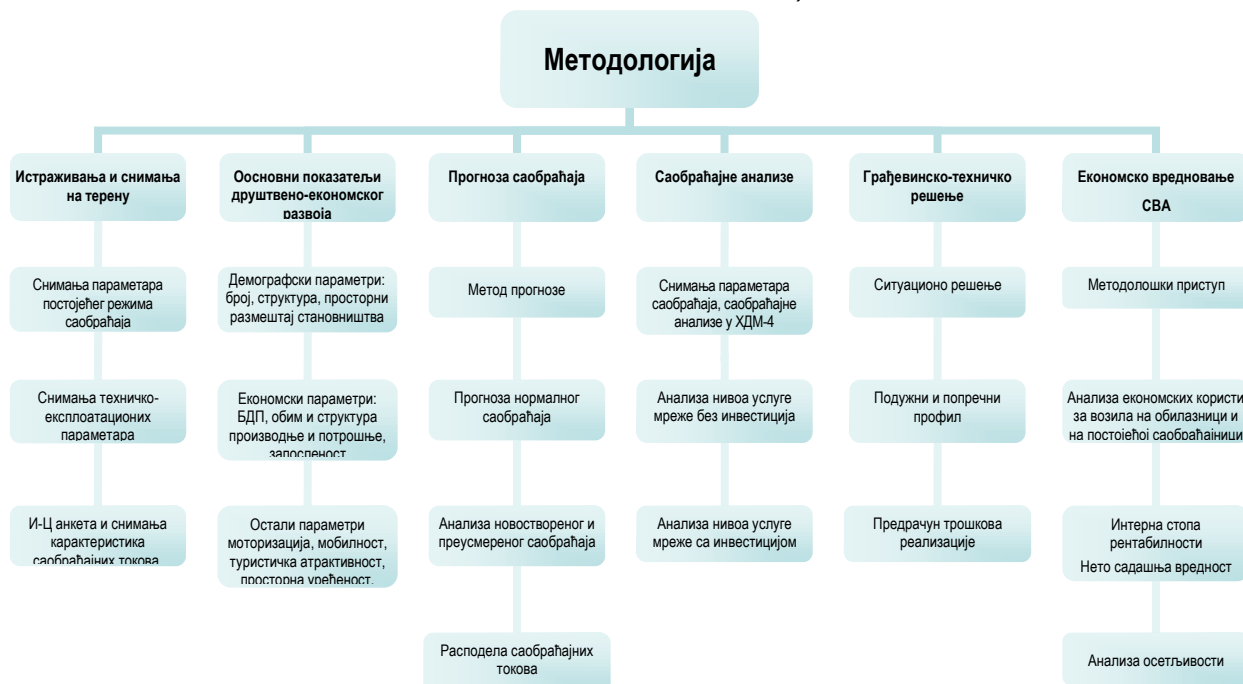
1. Да пружи све релевантне информације о постојећој мрежи градских саобраћајница;
2. Да пружи податке о пројектованој обилазници;
3. Да пружи релевантне податке о достигнутом и прогнозираним саобраћајним токовима;
4. Да пружи податке о расподели саобраћајних токова на обилазницу Котор Вароши и постојећу саобраћајницу кроз Котор Варош;
5. Да пружи одговор да ли је постојећа градска саобраћајница способна да удовољи прогнозиране саобраћајне токове и до када, посматрано са квантитативног (капацитета) и са квалитативног (Нивоа Услуге) аспекта;

6. Да утврди економске трошкове употребе (експлоатације) тзв. мреже без инвестиција и тзв. мреже са инвестицијом;
7. Да утврди очекиване економске користи у 20-то годишњој експлоатацији мреже са инвестицијом у обилазницу Котор Вароши;
8. Да анализира појаву новоствореног саобраћаја као и утицај обилазнице на друштвено-економски развој Котор Вароши;
9. Да пружи оцену о економској оправданости улагања у реализацију обилазнице Котор Вароши, са друштвено-економског аспекта.

3. ПРИМЕЊЕНА МЕТОДОЛОГИЈА У РЕШАВАЊУ СПЕЦИФИЧНОГ ПРОБЛЕМА ВРЕДНОВАЊА ОБИЛАЗНИЦА

Друштвено-економска оцена пројекта се заснива на анализи трошкова и користи од директних ефеката изградње обилазнице, са опште друштвеног аспекта. То подразумева идентификацију, квантификацију и новчану валоризацију промена које проузрокује изградња обилазнице. Слика 1. приказује методологију примењену у вредновању.

Индиректни ефекти изградње обилазнице, као што су: утицај на убрзани развој града, смањење емисије штетних гасова, смањење буке и др., се не укључују у анализу трошкова и користи, док је утицај обилазнице на убрзани развој града делимично квантификован кроз појаву новоствореног саобраћаја. Коначни резултати анализе су исказани интерном стопом рентабилности-ИСР (Internal Rate of Return) и нето садашњом вредности пројекта-НСВ (Net Present Value).



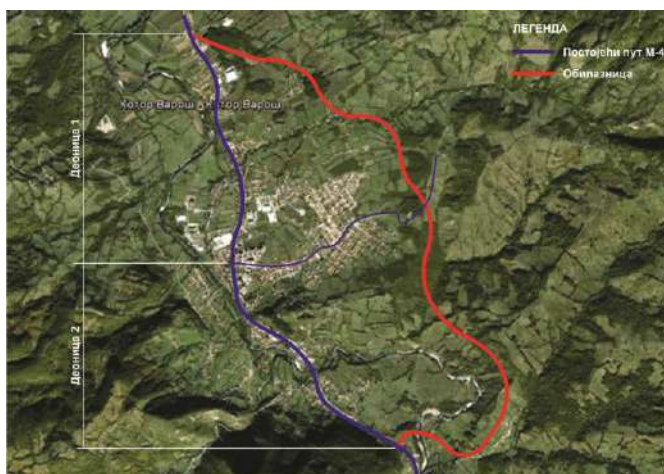
Слика 1. Методологија вредновања

4. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О ПРОЈЕКТНОМ РЕШЕЊУ ОБИЛАЗНИЦЕ

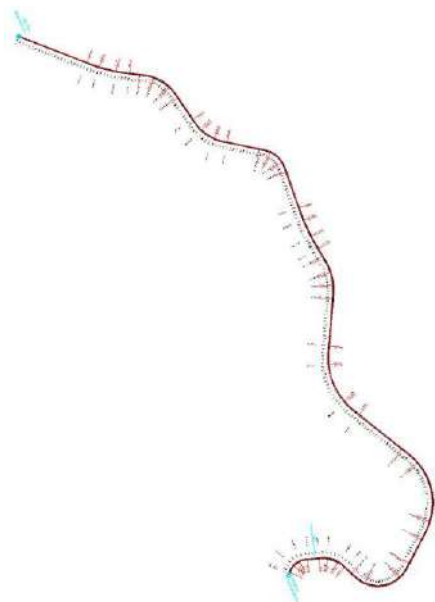
Основни подаци у пројекту су приказани кроз:

- Ситуационо решење;
- Подужни профил обилазнице Котор Вароши;
- Предрачун трошкова реализације;
- Иницијални планерски период изградње.

4.1.1. Ситуационо решење

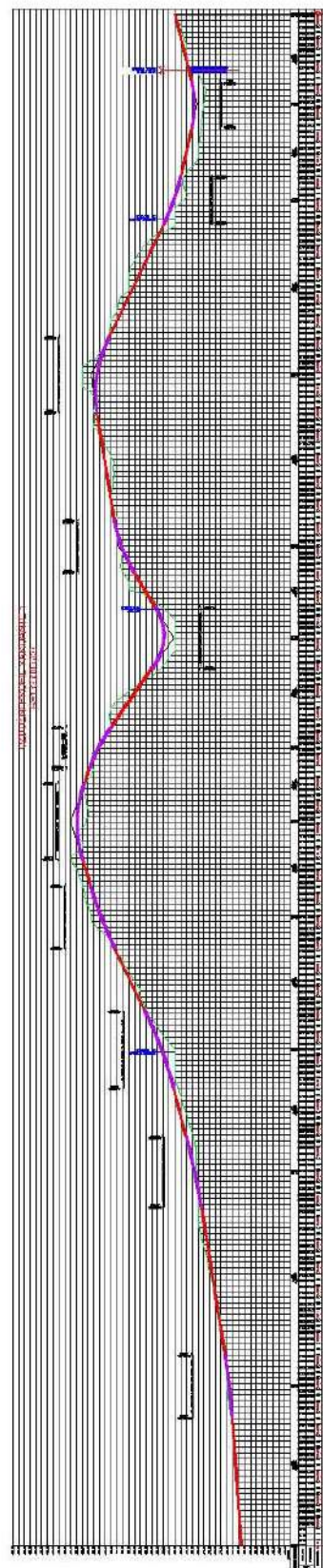


Слика 2. Будућа мрежа са обилазницом и постојећим путем М-4 на проласку кроз Котор Варош са поделом на деонице тзв. мрежа са инвестицијом (Извор: Скица консултаната)

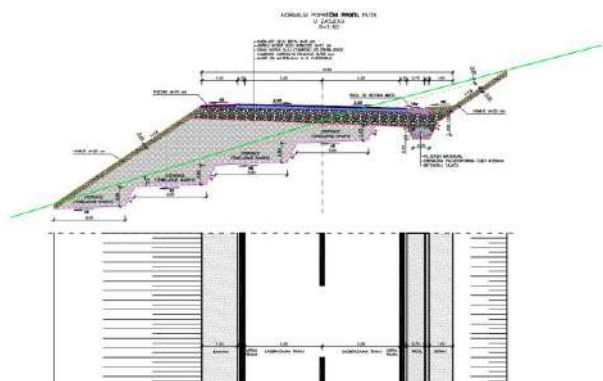


Слика 3. Ситуационо решење обилазнице (Извор: Идејно рјешење)

4.1.2. Подужни профил



Слика 4. Подужни профил обилазнице Котор Вароши (Извор: Идејно рјешење)



Слика 5. Попречни профил обилазнице Котор Вароши
(Извор: Идејно рјешење)

4.1.3. Предрачун трошкова реализације

Табела 1. Рекапитулација оквирне процјене трошкова изградње обилазнице Котор Вароши

Припремни радови	43.725
Доњи строј	2.929.510
Радови на систему за одводњавање	482.880
Горњи строј	4.761.850
Објекти	1.166.000
Саобраћајна сигнализација и опрема пута	79.500
Непредвиђени радови (5%)	473.173
СВЕ УКУПНО: (1+2+3+4+5+6+7)	9.936.638
ПДВ (17%):	1.689.229
СВЕ УКУПНО СА ПДВ-ом:	11.625.867

4.1.4. Иницијални планерски период

- Планирани период изградње обилазнице је 2013.-2014. година.
- Период 20-то годишње експлоатације је од 2015. до 2034. године.

5. АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА САОБРАЋАЈНИХ ТОКОВА

5.1. Достигнути саобраћајни токови

Величина саобраћајних токова на постојећем путу М-4 на проласку кроз Котор Варош у базној 2012.г. утврђена је на основу два извора података и то:

- Дводневног контролног бројања саобраћајних токова и то у петак 06.04.2012. и понедељак 09.04.2012. у периоду од 8 до 18 часова.
- Публикација Јавног предузећа "Путеви Републике Српске", *Бројање возила на мрежи путева у Републици Српској*, 2008. година

5.2. Прогноза саобраћаја

Да би се приступило прогнози саобраћајних токова анализирани су следећи социо-економски параметри, који имају утицај на раст саобраћајних токова:

- фактори демографског развоја (број, структура и просторни размештај становништва),
- економски параметри (БДП, степен моторизације, обим и структура производње и потрошње, запосленост, туристичка атрактивност, просторна уређеност, мобилност становништва, геотранспортни положај и улога подручја у ширем окружењу, тржишна и правна стабилност, развијеност саобраћајне инфраструктуре и појединих саобраћајних грана и друго).

Такође, осим анализе социо-економских параметара анализирани су и стопе из релевантних студија рађених пре ове студије.

Основни образац за прогнозу очекиваног саобраћаја по основу нормалног раста релевантних социо-економских фактора методом просечног фактора раста коришћен у студији гласи:

$$PGDS_{BUD_{ij}} = PGDS_{BAZ_j} \cdot F_{ij}$$

где је:

$PGDS_{BUD_{ij}}$ - прогнозирана величина просечног дневног саобраћаја основне врсте возила (j) у (и)-тој години на постојећем путу,

$PGDS_{BAZ_j}$ - достигнута величина просечног дневног саобраћаја основне врсте возила (j) у базној години на постојећем путу,

i - прогнозна година,

F_{ij} - просечни-јединствени социо-економски фактори раста релевантни за раст саобраћајних токова по основним врстама возила (j) у (и)-тој години на мрежи постојећих путева,

5.2.1. Мерадавна стопа пораста саобраћаја

На основу анализе тренда, анализе социо економских параметара, регресионе анализе, анализе коефицијента еластичности БДП, моторизације и ПГДС, као и анализе досада коришћених стопа у релевантним студијама, укључујући и утицај светске економске кризе стопе раста коришћене у студији су:

Табела 2. Прогнозиране стопе пораста саобраћаја [%]

Прогнозирана стопа пораста	временски интервал				
	2010-2015.	2015-2020.	2020-2025.	2025-2030.	2030-2035.
ПА и БУС	3,0	3,5	3,0	2,5	2,0
ТВ	2,5	3,0	2,5	2,5	2,0

Применом наведених стопа раста саобраћајних токова, као и података добијених бројањем саобраћајних токова, добијена је следећа прогноза саобраћајних токова.

Табела 3. Прогноза саобраћајних токова на путу М-4 не пролазку кроз Котор Варош

година	ПГДС воз/дан						
	ПА	БУС	ЛТВ	СТВ	ТТВ	АВ	укупно
2015	6.048	67	746	66	27	52	7.006
2034	10.299	114	1.295	115	46	91	11.961

5.3. Расподела прогнозираног саобраћаја са постојећег пута М-4 на мрежу са инвестицијом

На основу прогнозираних величине укупног саобраћаја на мрежи без инвестиција односно на постојећем путу М-4, на основу И-Ц матрице, на основу података анкете и контролног бројања, као и на основу општих законитости о учешћу транзитног саобраћаја у укупном саобраћају на уливно изливним путевима у град, с обзиром на величину града, дефинисана је величина прогнозираног транзитног саобраћаја.

Табела 4. Величине саобраћајних токова на обилазници

година	ПГДС воз/дан						
	ПА	БУС	ЛТВ	СТВ	ТТВ	АВ	укупно
2015	2.117	24	261	23	9	18	2.452
2034	3.605	40	453	40	16	32	4.186

5.4. ПРОГНОЗА ОЧЕКИВАНОГ ТЗВ. НОВОСТРОЕНОГ САОБРАЋАЈА

За прогнозу новоствореног саобраћаја коришћена је теорија економског вишка. Резултати анализе су приказани у табели 5.

Табела 5. Величине очекиваног тзв. новоствореног саобраћаја

ПГДС _{нов} (возила/дан)	
2015	2034
414	707

6. САОБРАЋАЈНЕ АНАЛИЗЕ

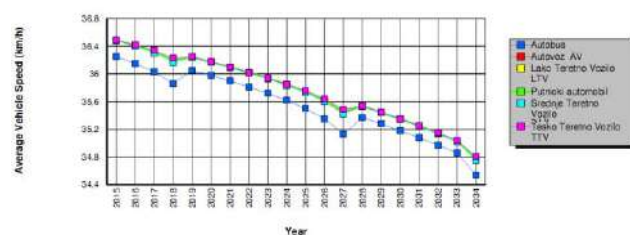
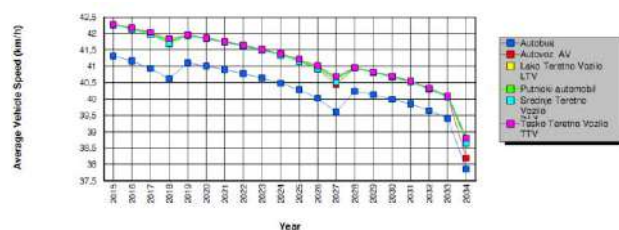
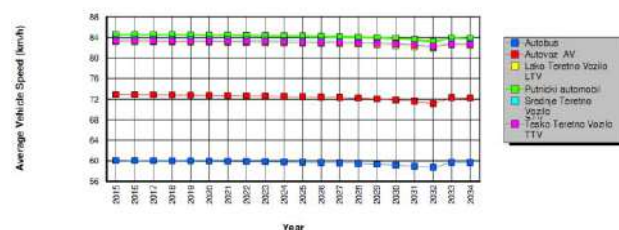
Кључни параметри за Cost Benefit Анализу-СВА су ефекти измештања транзитног саобраћаја на обилазницу и растерећење постојеће саобраћајнице кроз Котор Варош.

Неопходни улазни подаци за Cost Benefit Анализу-СВА које је потребно утврдити саобраћајним анализама су: брзине, временски губици, број заустављања, просечно чекање у реду, дужина реда и др. Наведени параметри нивоа услуге су добијени применом ХДМ-4 програма, као и снимањима на терену.

На постојећој мрежи градских саобраћајница дозвољена просечна брзина је 40-50 км/х. Практично остварива просечна експлоатациона брзина кретања возила је нижа од дозвољене, што је и утврђено снимањима времена путовања, брзина и временских губитака на терену, као и добијено рачунски (слика 6 до 12).

Након изградње обилазнице долази до побољшања услова на постојећој саобраћајници (слика 7) услед растерећења исте.

Транзитни токови и део И-Ц токова који су прешли на обилазни пут имају висок ниво услуге (слика 8).

**Слика 6.** Ниво услуге мерен експлоатационом брзином возила на постојећој саобраћајници у мрежи без инвестиција**Слика 7.** Ниво услуге мерен експлоатационом брзином возила на постојећој саобраћајници у мрежи са инвестицијом**Слика 8.** Ниво услуге мерен експлоатационом брзином возила на обилазници у мрежи са инвестицијом

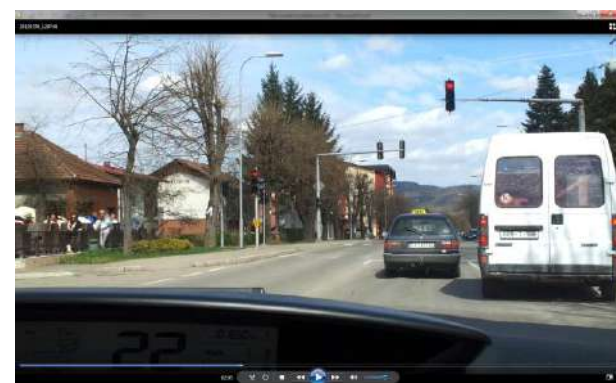
Следеће слике илуструју услове у саобраћају утврђене приликом снимања времена путовања, брзина и временских губитака на терену.



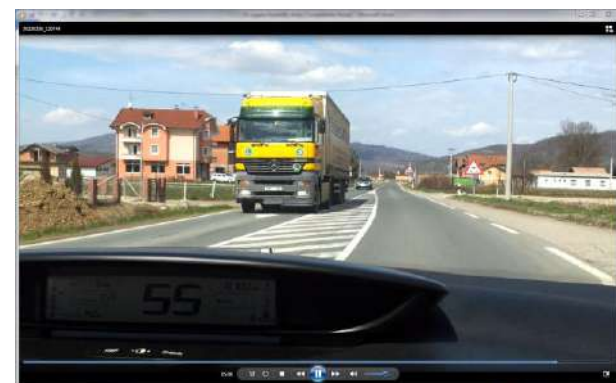
Слика 9. Ивично паркирање у зони центра



Слика 10. Пешачки токови и услови у саобраћају у зони школе



Слика 11. Временски губици на семафорисаној раскрсници



Слика 12. Теретна возила на проласку кроз Котор Варош

7. ЕКОНОМСКО ВРЕДНОВАЊЕ ПРОЈЕКТА

Економско вредновање пројекта представља анализу економских трошкова употребе (експлоатације) релевантних мрежа (без инвестиције (МБИ) и са инвестицијом (МСИ), односно у конкретном случају мреже без и са обилазницом у иницијалном планском периоду.

На основу анализираних трошкова употребе релевантних мрежа добијају се економске користи реализације пројекта обилазнице.

Економске користи од пројекта обилазнице, заједно са економским трошковима реализације у COST-BENEFIT анализи, дају одговоре по питању економске оправданости пројекта обилазнице са друштвено-економског аспекта преко параметара ЕИРР (економска интерна стопа рентабилности) и ЕНСВ (економска нето садашња вредност).

Специфично код студија оправданости обилазница, трошкови односно користи су анализирани кроз две компоненте (сценарија):

- ♦ **Примарна компонента:** Користи за возила која су са изградњом обилазнице прешла са постојеће саобраћајнице на обилазницу.
- ♦ **Секундарна компонента:** Користи настале побољшањем услова у саобраћају за токове који су остали на постојећој саобраћајници.

7.1. Методолошки приступ

Примењена је методологија друштвено-економског вредновања заснована на анализи трошкова и користи које корисници имају код опција са и без реализованог пројекта обилазнице. Основни елементи коришћени у овој Cost-Benefit анализи су:

- економски трошкови реализације пројекта,
- трошкови времена путовања,
 - по основу кретања возила
 - по основу цикличних промена брзина и временских застоја,
- економски трошкови саобраћајних незгода,
- економски трошкови одржавања обилазнице.

Након утврђивања наведених категорија трошкова, врши се израчунавање тока економских трошкова и економских користи унутар периода вредновања пројекта, при чему се трошкови односе на економске трошкове реализације пројекта, а користи на уштеде као разлика између опција са и без реализованог пројекта обилазнице.

7.1.1. Примењен метод прорачуна

За прорачун трошкова експлоатације моторних возила у условима кретања, на разматраним мрежама (МБИ и МСИ) је примењен модел ХДМ-4. Типови основних врста возила и репрезентативних марки су коришћени из модела ХДМ-4, с тим што су основни експлоатациони и економски параметри (цене) прилагођени домаћим условима.

За прорачун трошкова времена путовања, саобраћајних незгода у 20-то годишњем периоду на разматраним мрежама (МБИ и МСИ) је примењен развијена апликација на бази Excel програмске платформе.

Прорачун очекиваних директних економских користи је урађен на бази разлика у трошковима употребе тзв. МБИ и МСИ у 20-то годишњем иницијалном периоду експлоатације.

Показатељи ЕИРП и ЕНСВ су подвргнути и тесту осетљивости, с обзиром на могућа одступања у остварењу очекиваних економских трошкова за изградњу обилазнице и економских користи.

Оцена оправданости изградње обилазнице са друштвено-економског аспекта је утврђена поређењем вредности ЕИРП са ОЦК=6-8% и поређењем вредности ЕНСВ са нулом.

Примена модела ХДМ-4 је коришћена за утврђивање VOC. Да би се добиле вредности VOC по годинама и по категоријама возила неопходно је било применити програм у ту сврху и направити наведене сценарије у оквиру самог софтвера и као основно унети све податке везане за техничко-експлоатационе карактеристике пута, саобраћај, возни парк, и др.

Софтвер ХДМ-4 има могућност штампе великог броја извештаја, а за потребе овог рада приказују се карактеристичне слике из извештаја коришћена у Cost Benefit анализи и то график промена вредности VOC у планерском периоду слика 13 до 15.

Вредности VOC из ХДМ-4 су коришћене за прорачун и V-0-to-0-V трошкова који постоје на проласку кроз центар Котор Вароши. Треба напоменути да модел ХДМ-4 нема могућност анализе трошкова проузрокованих временским губицима и застојима типа V-0-to-0-V и погрешна примена наведеног софтвера би водила нетачним резултатима економског вредновања.



Слика 13. VOC на постојећој саобраћајници у мрежи без инвестиција



Слика 14. VOC на постојећој саобраћајници у мрежи са инвестицијом



Слика 15. VOC на обилазници у мрежи са инвестицијом

7.2. Анализа економских користи у иницијалном планском периоду

Економске користи представљају разлику између трошкова употребе МБИ и МСИ. Преглед директних економских користи је дат у Табели 6.

Табела 6. Економске користи по основу прогнозираног нормалног и новоствореног саобраћаја

Година	Економске користи (БАН/год)		
	по основу тзв. нормалног саобраћаја	по основу тзв. новоствореног саобраћаја	УКУПНО
2015	568.872	46.912	615.784
2034	1.621.807	135.531	1.757.338

7.3. Економско вредновање

Основни циљ економског вредновања је да пружи одговор на питање: постоји ли задовољавајућа економска оправданост за улагање новчаних средстава у реализацију пројекта обилазнице?

У економском вредновању су примењени следећи основни показатељи:

- економска интерна стопа рентабилности (ЕИРП);
- економска нето садашња вредност (ЕНСВ).

Опортунитетна цена капитала износи 6-8 %.

7.3.1. Интерна стопа рентабилности

Прорачуном је утврђена следећа вредност ЕИРР:

- ЕИРР=8,06%

7.3.2. Нето садашња вредност

Прорачуном је утврђена следећа вредност ЕНСВ:

- ЕИРР=1.705.525 БАН

7.4. Анализа осетљивости

Пошто су карактеристике пројекта такве да су одступања могућих користи мала и за потребе анализе осетљивости усвојена је вредност 10%, док је са одступањима трошкова грађења примењена следећи распон вредности и то +10% и -20%. Оваква одступања трошкова реализације пројекта су усвојена из разлог што су вредности трошкова из предмјера и предрачуна део Идејног решења, те су могућа велика одступања с обзором на низак ниво пројектне документације.

Анализом резултата теста осетљивости закључено је да је Идејно рјешење обилазнице Котор Вароши економски оправдан. Издвојимо два карактеристична случаја из теста осетљивости

- Ако трошкови грађења аутопута варирају за +10 и користи варирају за -10% Идејно рјешење се налази на доњој граници оправданости.
- У случају смањења трошкова реализације за 20% оправданост је изражена. Ову чињеницу треба уважити приликом даље разраде пројектне документације.

8. ЗАКЉУЧЦИ**Закључци студије која је коришћена као Case study**

- Добијени резултати у наведеној студији су показали апсолутну оправданост са саобраћајног аспекта.
- Улагање у изградњу обилазнице Котор Вароши са економског аспекта је оправдано али пројекат има граничну економску оправданост јер је ЕИРР=8,06% што је веће од ОЦК (6%-8%).
- Пошто се ова анализа оправданости спроводи на Идејном решењу. Став аутора студије је да пројектанти у даљој разради трасе и елемента профила утичу на смањење трошкова реализације пројекта и тако тренутно граничну оправданост повећају до нивоа апсолутне економске оправданости.

Закључци овог рада

- Креативни приступ кроз анализу сваког индивидуалног случаја вредновања путних објеката посебно кроз израду, алгоритма, модела вредновања, сценарија прогнозе који су прилагођени појединачним захтевима вредновања је једини начин решавања наведених анализа.
- Не постоји ниједан софтвер намењен вредновању обилазница градова.
- Тренутно доступна литература која се може користити при вредновању обилазница градова је развијена од стране Љ. Кузовића [15].
- Директна примена "Правилника о садржају и начину израде Студије оправданости и Студије оправданости за изградњу објеката" је непримењива у израдама Студија оправданости путних објеката, а поготово специфичних путних објеката као што обилазница града.
- Наручиоци студија оправданости би због специфичности проблема требало ангажовати стручне појединце и институције које би у складу са анализом комплексности проблема дефинисале начин вредновања обилазница.
- Консултант у недостатку правог пројектног задатака често врше преобимна анкетирања и истраживања И-Ц матрица која се односе на целу државу, регион, па и на ЕУ, а проблем се односи најчешће нпр. на пролазак М или Р пута кроз насеље или град.
- Најчешће се захтева и примена софтвера VISSIM и VISUM. Наведени софтвери су планерске алатке за решавање мрежних проблема расподеле саобраћајних токова, и као такви се примењиви само у случајевима обилазница великих градова, што је редак случај у вредновању, јер у 90% случајева се ради о обилазницама мањих градова или насеља.
- Често консултант врши погрешне анкете, а понекад и преобимне И-Ц матрице у односу на релевантну мрежу, које кад се унесу у софтвер дају невероватне резултате. На крају се примена наведених софтвера своди на директно кориговање нелогичних резултата, најчешће кроз управљање импедансама и ограничењима да би се добио тзв. "жељен резултат".

- Примана наведених софтвера на погрешан начин и на погрешном пројектном задатку у већини случајева даје невероватне резултате, па је у стручној јавности познато да помоћу "мочионог" алата VISSIM и VISUM-а је могуће доказати све и добити било које жељено оптерећење или тзв. "жељен резултат", а као научно и стручно оправдање резултата се користи фраза то је VISUM показао.
- Основни повод изградње обилазница као и њихова сврха је измештање тешког транзитног саобраћаја из најчешће центра града. Односно, обилазнице се праве у функцији измештања транзитних токова и делимично И-Ц токова са градских саобраћајница и генерално са подручја града.
- Вредновања обилазница се своди на И-Ц матрицу која ће показати процентуално учешће транзитних, И-Ц и локалних кретања који ће користити обилазницу. Односно, принцип вредновања обилазница је да се сав транзит и део И-Ц кретања премести на обилазницу.
- Ефекти наведене прерасподеле су нови услови кретања за транзитне токове на обилазници, као и побољшање услова кретања за преостале саобраћајне токове на старој транзитној саобраћајници кроз град. Ови ефекти се квантификују кроз економско вредновање у COST-BENEFIT анализи.
- Приликом вредновања обилазница посебну пажњу треба посветити анализи новоствореног саобраћаја
- Осим директним користима које су приказане у овом примеру пажњу треба посветити анализи **индиректних ефекта** проузрокованим изградњом обилазнице као што су убрзани економски развој града, отварање нових тржних центара, отварање робно транспортних центара, стоваришта и разних других пословних објеката у зони обилазнице. Ови индиректни ефекти могу имати значајну улогу у вредновању.

Литература

- [1] Kuzović, L., Topolnik D., Glavić, D., (2010). Induced Traffic and its Treatment in the Evaluation of Motorway Projects. *Promet – Traffic&Transportation*, Vol. 22, 2010, No. 6, 459-465.
- [2] (2012). Идејно решење обилазнице Котор Вароши. ИГ Бања Лука.
- [3] Kuzović, L., Glavić, D., Malenkovska-Todorova, M., Aleksić, B. (2002). Tretman osnovnih parametara saobraćajnog toka pri zasićenom toku u analizi praktičnog kapaciteta i nivoa usluge. *Put i saobraćaj*, 48(3), 3-11.
- [4] Kuzović, L., Glavić, D. (2003). Novoklasični postupak analize praktičnog kapaciteta osnovnih odseka autoputeva i dvotračnih puteva. *Put i saobraćaj*, 49(1), 24-30.
- [5] Kuzović, L., Glavić, D. (2005). Kritički osvrt na maksimalne veličine toka i gustine toka na traci osnovnih segmenata autoputa preporučene u priručniku Highway Capacity Manual 2000. *Put i saobraćaj*, 52(2), 4-19.
- [6] Glavić, D. (2012). Vrednovanje specifičnih projekata - primer studija opravdanosti denivelisane raskrsnice Pančevački most. *Put i saobraćaj*, 58(3), 29-37.
- [7] HDM-4: (2000) The highway development and management series. The University of Birmingham
- [8] Dorsch Consult, Munchen, Louis Berger Inc, East Orange, SAD (1974) Uputstva za izradu studija o izvodljivosti puteva. Beograd: Savez organizacija za puteve
- [9] Kuzović, Lj., i dr. (1991-1992) Uputstva za izradu studija o izvodljivosti puteva. Beograd: Saobraćajni fakultet
- [10] EC DG REGIONAL POLICY (2002): "Guide to cost-benefit analysis of investment projects", http://www.strukturalni-fondy.cz/upload/1082642530guide02_en.pdf.
- [11] HEATCO - Developing harmonised European approaches for transport costing and project assessment. (2006): Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines
- [12] World Bank (2005) Transport Notes: A Framework for the Economic Evaluation of Transport Projects
- [13] Manual Cost Benefit Analysis - Republic of Serbia, by NEA Transport research and training and ECORYS Research and Consulting
- [14] "A Set of Guidelines for socio-economic cost-benefit analysis of transport infrastructure project appraisal" New York and Geneva, 2003.
- [15] Kuzović, Lj. (1997) Utvrđivanje potreba i opravdanosti izdvajanja tranzitnog saobraćaja sa gradskih arterija izgradnjom obilaznica. Beograd: Saobraćajni fakultet
- [16] Kuzović, L.T. (1994) Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže. Beograd: Saobraćajni fakultet
- [17] Kuzović, L., Glavić, D., Vuksanović, B. (2007). Metod prognoze i utvrđivanja ekonomske koristi od novostvorenog saobraćaja. *Put i saobraćaj*, 54(4), 17-22.
- [18] Kuzović, L., & Glavić, D. (2005). Kritički osvrt na maksimalne veličine toka i gustine toka na traci osnovnih segmenata autoputa preporučene u priručniku Highway Capacity Manual 2000. *Put i saobraćaj*, 52(2), 4-19.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR APPLYING MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING IN THE PROCESS OF MOTORWAY CORRIDOR SELECTION

Nemanja Nedeljković, M.Sc.

Knowledge Committee of Serbia, nemanja.nedeljkovic@koznas.org

Vladan Tubić, Ph.D.

Faculty of Transport and Traffic Engineering, vladan@sf.bg.ac.rs

Прегледни рад

Abstract: Multi-criteria and multi-attribute decision making refer to specific process that support decision makers faced with multiple and sometimes conflicting criteria. Many decision problems at tactical and strategic levels, such as strategic transportation planning problems, involve multiple conflicting objectives or criteria. This paper focuses on methodology for applying multi-attribute decision making methods on the problem of optimal motorway corridor selection. Presented are selected Multi-attribute decision-making methods, along with their applicability. Goals, attributes, attribute weights and other parameters needed for motorway corridor selection using multi-attribute decision making are also pointed out in this paper.

Keywords: Multi-criteria decision making, multi-attribute decision making, decision methodology, methods, attributes, alternatives, motorway corridor.

МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ЗА ПРИМЕНУ ВИШЕ АТРИБУТИВНОГ ВРЕДНОВАЊА У ПРОЦЕСУ ОДАБИРА НАЈПОВОЉНИЈЕ ВАРИЈАНТЕ КОРИДОРА АУТОПУТА

Немања Недељковић, мастер инж. саоб.

Комитет знања Србије, nemanja.nedeljkovic@koznas.org

Др Владан Тубић, дипл. инж. саоб.

Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, vladan@sf.bg.ac.rs

Review paper

Резиме: Вишекритеријумско вредновање представља специфичан алат који се користи као подршка одлучивању у случајевима постојања вишеструких критеријума који су често међусобно конфликтни. Многи проблеми одлучивања на тактичким и стратешким нивоима, као што су проблеми планирања саобраћаја, укључују управо такве циљеве или критеријуме. Овај рад разматра методолошки оквир за примену одређених метода вишеатрибутивног вредновања у циљу решавања проблема избора најповољније варијанте коридора аутопута. Представљене су одабране методе вишеатрибутивног вредновања и анализа њихове применљивости. Рад се бави и циљевима, критеријумима, тежинама критеријума и осталим параметрима који се користе приликом одабира најповољније варијанте коридора аутопута употребом метода вишеатрибутивног вредновања.

Кључне речи: вишекритеријумско вредновање, вишеатрибутивно вредновање, методологија, методе, критеријуми, варијанте, коридор аутопута.

1. INTRODUCTION

Contemporary managing problems are rarely evaluated on the basis of one and/or simple criteria e.g. profit maximization. Nowadays, managing systems are more complex, with strong tendency of reaching multiple goals which are likely to be conflict to each other. Therefore, analysis of each solution alternative and defining convenient criteria is a necessity.

Term multi-criteria decision making (MCDM) and analysis refers to decision making process in the presence of multiple and conflicting criteria [1]. Methods for solving MCDM problems are scientifically determined and defined more than 30 years ago, although they existed earlier in the human past [2].

There are two types of criteria: objectives and attributes. Therefore, the MCDM problems can be broadly classified into two categories:

- Multi-objective decision making (MODM);
- Multi-attribute decision making (MADM).

The main difference between MODM and MADM is that the former concentrates on continuous decision spaces, primarily on mathematical programming with several objective functions, while the latter focuses on problems with discrete decision spaces [1]. MADM considers several different alternatives that need to be evaluated and ranked according to same chosen attribute [3]. Every attribute has a different significance (weight) in particular MADM problem. It is necessary to emphasize that any MCDM problem refers to either MODM or MADM. However, in the MCDM literature, term MCDM is more used for MADM.

Many improvements in the field of MCDM processes are close related to the development of information technology (IT). Computer support of decision making processes became one of the basic requirements of decision makers. This computer support was especially emphasized considering large number of elements with variables, functions and parameters which are structural part of most common decision problems. On the one side, strong IT development enabled analysis of complex multi-criteria problems. On the other side, the widespread use of the computers, Internet and other communication technologies enabled availability of various relevant information which are crucial for purposeful decision making tools and methods.

One of today's characteristics of MCDM process is utilization of computer and communication technologies. Other characteristics are explicit requirements of various complex information, which are necessary for proper usage of MCDM methods. The key is to obtain relevant information as precondition to defining criteria and their numerical weights for further evaluation steps.

2. MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING MODEL

There are various MADM problems in real life that manifest in different spheres of technology and society. Appropriate methodology for addressing these problems is usually developed from previous experience. With more or less modification, this methodology can be used for solving MADM problems and it bases on six steps.

Before applying these steps, *goals*, *priorities* and *MADM tools (methods)* need to be defined. The most disagreements are about priorities, because they reflect interests and attitudes of different stakeholders. Priorities have strong impact on attributes weight values and thus they could affect the final ranking of alternatives in particular MADM problem. Six common steps [4] of solving MADM problem are presented as following:

- **Step 1:** Identification and definition of attributes that are going to be used in MADM problem solving process;
- **Step 2:** Determination of the values of attributes and optimization methods (minimum or maximum values requested);
- **Step 3:** Determination of attribute weights;
- **Step 4:** Selection of the MADM methods for addressing particular MADM problem;
- **Step 5:** Evaluating and ranking among alternatives;
- **Step 6:** Feedback; in some cases attribute weights need to be redefined – iteration at steps 3, 4 and 5.

Figure 1 shows a general framework for using MADM. This framework depicts basic principles for solving the MADM problem. Explanation of steps may differ depending on nature of particular decision problem.

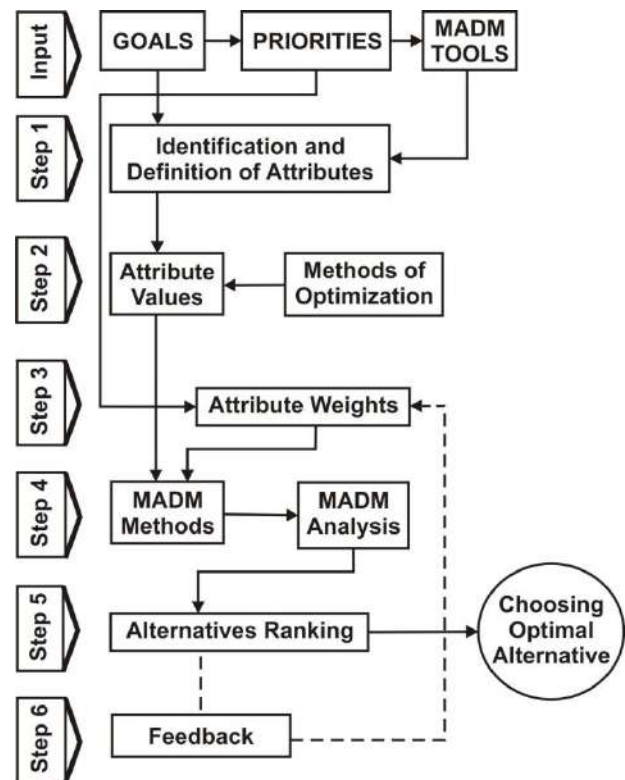


Figure 1. Framework for MADM usage [4]

MADM refers to process of making unique decision (selection, evaluation or prioritization) among multiple and conflicting alternatives. The important characteristic of MADM is that usually there are a limited number of predetermined alternatives which need to reach certain attributes. Final decision need to be made based on the chosen attributes. Also, final alternative selection is done by the mutual comparison among attributes.

Typical MADM problem can be mathematically modeled as follows:

$$(MADM) \begin{cases} \text{Select: } A_1, A_2, \dots, A_m \\ \text{s.t.: } C_1, C_2, \dots, C_n \end{cases}, \quad (1)$$

where $A = (A_1, A_2, \dots, A_m)$ refers to m alternatives and $K = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ refers to n attributes (set of attributes) for representing decision situation. The selection is normally based on maximizing a multi-attribute value (or utility) function elicited from the stakeholders. Basic parameters used in this model can be expressed by the decision matrix as follows:

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_j & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (2)$$

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n], \quad (3)$$

where $A = (A_1, A_2, \dots, A_m)$ refers to m alternatives among decision makers choose the optimal one. $C_1, C_2, \dots, C_n$ represents n attributes for measuring alternative performances. x_{ij} , $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$ is rating of the alternative A_i with respect to attribute C_j . w_j is the weight of the attribute C_j [1]. In a strict mathematical interpretation, solution of one MADM problem is set of effective actions – undominated actions (alternatives).

3. MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS

This section describes some of the most used methods for solving MADM problems in practice.

3.1. Simple Additive Weighting (SAW)

One of the most well-known and widely implemented is SAW. SAW is a MADM technique whose evaluation principle is to select an alternative having the largest utility [5]. Each attribute has assigned importance weights (as coefficients to the variable). The total score for each alternative is calculated by multiplying the attribute value by the importance weight and then summing over all attributes. Assuming a set of importance weights as $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$, the most preferred alternative A^* is selected as:

$$A^* = \{A_i \mid \max_i \sum_{j=1}^n w_j x_{ij} / \sum_{j=1}^n w_j\}, \quad (4)$$

where x_{ij} is the outcome of the i^{th} alternative about the j^{th} attribute with a numerically comparable scale.

Usually the weights are normalized as $\sum_{j=1}^n w_j = 1$, in order to obtain comparable scores. Therefore, in the maximization case, the best alternative is the one that corresponds to the largest preference value. The first step is the assignment of numerical values to qualitative attributes in a decision matrix. The second step is the calculation of a comparable scale for elements in the decision matrix, as:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}, \quad (5)$$

where x_{ij} is value of j^{th} attribute for i^{th} alternative, while x_j^* is the maximum value for a particular attribute for all alternatives. After this, the analyst assigns weights for groups of attributes. Finally, weighted average values for all of the alternatives are obtained as transformation of a vector to an appropriate scalar value. The scoring model selects an alternative with the highest score (i.e., highest utility).

3.2. Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP was developed to model subjective decision-making processes based on multiple attributes in a hierarchical system. AHP structures process as a hierarchical decomposition, reducing complex problems into sub-problems. AHP procedure has following five steps [6]:

- 1) Decompose a problem into an interrelated hierarchy of goal, attributes, sub- attributes, and alternatives.
- 2) Collects data from the experts or decision-makers, as a pairwise qualitative comparison of attributes (equal, marginally, strong, very strong, extremely strong). This step should create a reciprocal matrix.
- 3) Organize pairwise attributes comparison into a square quantitative matrix. If the value is greater than 1, the attribute in i^{th} row is better than the attribute in the j^{th} column.
- 4) Evaluate matrix consistency. Consistency Index (CI) is calculated as:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}, \quad (6)$$

The principal eigen value (λ_{max}) and the corresponding normalized right eigen vector of the comparison matrix give the relative importance of the various attributes compared. The elements of the normalized eigen vector are termed weights with respect to the attributes and sub- attributes. Obtaining an index from a random matrix (RI), is compared with CI to obtain ratio $CR = CI / RI$ and it should be less than 0.1. The smaller the value of CI , the smaller the deviation from the consistency.

- 5) The rating of each alternative is multiplied by the weights of the sub- attributes and aggregated to obtain local ratings with respect to each attribute. The local ratings are then multiplied by the weights of the attributes and aggregated to obtain global ratings.

3.3. Elimination and Choice Expressing Reality Method (ELECTRE I)

ELECTRE I is essentially concerned with identifying dominance relations. It seeks to locate a subset of options E , such that any option not in E is outranked by at least one member of E . The goal is to make E as small as possible and for it to act as a shortlist. Within this shortlist a good compromise option should be found. ELECTRE I implies two phases.

In the *Phase 1* concordance and discordance need to be defined. The starting point is to define what are termed the concordance and discordance indices. The concordance index $c(i, j)$, can be calculated for

every ordered pair of options (i, j) simply as the sum of all the weights for those attributes where i^{th} option scores at least as highly as j^{th} option. The discordance index $d(i, j)$, is a little more complex. If i^{th} option performs better than j^{th} option on all attributes, the discordance index is zero. If not, then for each attribute where j outperforms i , the ratio is calculated between the difference in performance level between j and i and the maximum observed difference in score on the attributes concerned between any pair of options in the set being considered. This ratio (which must have value between zero and one) is the discordance index. Defined this way, the discordance index is only of real value in later stages of the analysis if attributes are of roughly equal importance. However, it is possible to refine the discordance definition to avoid this difficulty, albeit at the cost of inducing some element of subjective judgement. It is the discordance index that captures the notion of an option's unacceptability if it records an outstandingly poor performance, even on just one dimension.

In the *Phase 2* concordance and discordance need to be combined. To bring the two sets of $n(n-1)$ indices together for all n options being considered, the next phase is to define a (relatively large) concordance threshold c^* , and a (relatively low) discordance threshold d^* . An option then outranks another option overall if its concordance index is above the chosen threshold value and its discordance index is below the threshold value. The set of all options that outrank at least one other option and are themselves not outranked contains the promising options for this problem. If the set is too small, perhaps even an empty set, it can be expanded by appropriate changes to the concordance and/or discordance thresholds. Similarly, if the set is too big, it can be made smaller [7].

3.4. Preference ranking organization method for enrichment of evaluations (PROMETHEE)

The evaluation table is the starting point of the PROMETHEE method. In this table, the alternatives are evaluated on the different criteria. These evaluations involve essentially numerical data. The implementation of PROMETHEE requires two additional types of information, namely:

- information on the relative importance (i.e., the weights) of the criteria considered;
- information on the decision-maker's preference function, which he/she uses when comparing the contribution of the alternatives in terms of each separate criteria.

The above information determines the preference structure of the decision-maker. The preference

function (P_j) translates the difference between the evaluations (i.e. scores) obtained by two alternatives (a and b) in terms of a particular criteria, into a preference degree ranging from 0 to 1. Let:

$$P_j(a, b) = G_j[f_j(a) - f_j(b)], \quad (7)$$

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1, \quad (8)$$

be the preference function associated to the criteria, $f_j(\cdot)$ where G_j is a nondecreasing function of the observed deviation (d) between $f_j(a)$ and $f_j(b)$. In order to facilitate the selection of a specific preference function, six basic types have been proposed (Brans, 1982; Brans and Vincke, 1985; Brans and Mareschal, 1994).

PROMETHEE permits the computation of the following quantities for each stakeholder r ($r = 1, \dots, R$) and alternatives a and b :

$$\begin{cases} \pi_r(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) w_{r,j}, \\ \varphi_r^+(a) = \sum_{x \in A} \pi_r(x, a), \\ \varphi_r^-(a) = \sum_{x \in A} \pi_r(a, x), \\ \varphi_r(a) = \varphi_r^+(a) - \varphi_r^-(a). \end{cases} \quad (9)$$

For each alternative a , belonging to the set A of alternatives, $\pi(a, b)$ is an overall preference index of a over b , taking into account all the criteria, $\varphi_r^+(a)$ and $\varphi_r^-(a)$. These measure respectively the strength and the weakness of a vis-a-vis the other alternatives. $\varphi_r(a)$ represents a value function, whereby a higher value reflects a higher attractiveness of alternative a . We call $\varphi_r(a)$ the net flow of alternative a for stakeholder k [19].

For each stakeholder the two main PROMETHEE tools can be used to analyse the evaluation problem: the PROMETHEE I (providing partial alternatives ranking) and the PROMETHEE II (providing complete alternatives ranking).

4. SELECTED MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS APPLICABILITY FOR MOTORWAY CORRIDOR SELECTION

All MADM methods claim that they can accurately solve MADM related problems. However, a major criticism of MADM is that different techniques may yield different results when applied to the same problem. In other words, different MADM methods can result in different ranking (relative importance) of alternatives with the same input data. This occurs even at solving simpler MADM problems having small number of alternatives and attributes. Determination of attribute weights is the weakest

and most sensitive part of all MADM methods. Dissimilarities in weights produced by these methods become stronger in problems with few alternatives; however, the corresponding final rankings of the alternatives vary across methods more in problems with many alternatives. The inconsistency in such results occurs because [8]:

- The techniques use weights differently in their calculations;
- Algorithms differ in their approach to selecting the "best" solution;
- Many algorithms attempt to scale the objectives, which affects the weights already chosen;
- Some algorithms introduce additional parameters that affect which solution will be chosen.

Other researchers have argued the opposite, namely that, given a type of problem, the solutions obtained by different MADM methods are essentially the same [9-12].

Today's MADM methods applicability analysis are usually introduced by computer simulations. Computer simulation methods are flexible and versatile tools that can quickly generate and present various problems. Experiment iteration and changing input parameters are also possible in these simulation. In this way, creation of extensively databases of simulation results is possible, so MADM methods can be compared. Results sensitivity is usually measured by changing next parameters:

- Number of attributes;
- Number of alternatives;
- Distribution of attribute weights.

Each MADM method has certain advantages and disadvantages. These advantages and disadvantages are related to next characteristics of methods: problem structuring; alternatives ranking; clear representation of MADM problem, goals and attributes (problem visualization); generating various future scenarios; changing input parameters (method flexibility); software and applications availability. Next table shows advantages and disadvantages of selected MADM methods by presented characteristics [13].

Table 1. Comparison of selected MADM methods

Characteristics	MADM methods			
	SAW	AHP	ELECTRE I	PROMETHEE
Problem structuring	–	++	–	+
Alternatives ranking	++	++	+	++
Problem visualization	–	++	+	+
Future scenarios	–	+	–	–
Flexibility	+	–	+	+
Software	+	+	++	++

As Table 1 has shown, SAW and AHP methods provide complete ranking of the alternatives, while ELECTRE I provides partial alternative ranking. PROMETHEE method can provide final results in terms of both partial and complete alternatives ranking. AHP method shows the best results in problem structuring and visualization because of its possibility to establish an interrelated hierarchy of goals, attributes, sub- attributes, and alternatives in a simplistic way. Also, by making changes in the hierarchy levels, it is possible to perceive some future scenarios.

Motorway corridors and infrastructure projects usually include three or four possible alternatives with ten to fifteen attributes to which different weights are assigned. All presented MADM methods are appropriate for selection of the optimal motorway corridor using MADM techniques, but a few distinctions can be made. Motorway attributes can often be divided into several attribute sets for problem simplification. If decision makers prefer these attribute sets and want to represent problem structure in detail and establish a certain hierarchy, AHP method is optimal choice for MADM problem solving. Possible grouping of attributes in attribute sets in motorway corridor selection problem is shown later in this work. The simplest way to complete rank motorway alternative is by using SAW method, but this method does not provide problem structuring. On the other hand, if decision makers want to disqualify some motorway alternative(s) from further evaluations, ELECTRE I will provide this. Software availability is an important advantage of ELECTRE I and PROMETHEE methods. Motorway corridor selection problem contains many input parameters, therefore one of the decision maker's usual preference is possibility to change them in easy way (SAW and ELECTRE I). Next figure shows presented MADM methods corresponding to some specific decision maker's preferences in the process of the motorway corridor selection.

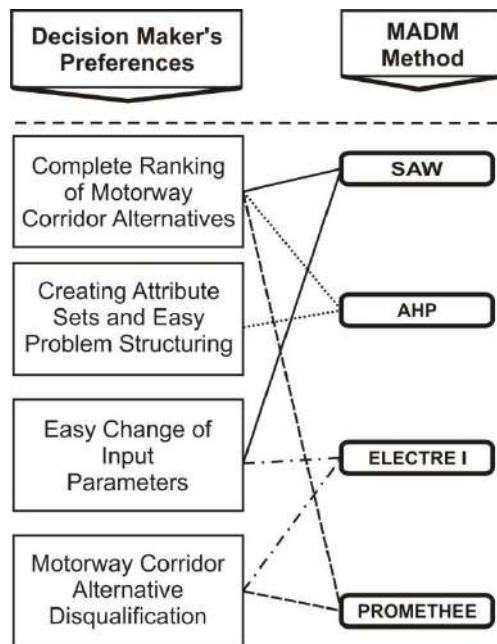


Figure 2. Choosing MADM methods by decision maker's preferences

Recommendation is to use several method for the same MADM problem and carefully choose attribute weights. Which MADM method is going to be used on particular problem in practice is up to preferences of the decision makers, methods complexity, software and related applications availability.

5. MULTI-ATTRIBUTE DECISION MAKING METHODOLOGY FOR OPTIMAL MOTORWAY CORRIDOR SELECTION

MADM can be applied in general design phase of the project for selecting optimal motorway corridor among several alternatives. More precisely, it is possible to rank alternatives of corridors using one or more MADM methods and to choose the optimal one.

Realization (construction and operating) each of the analyzed corridor alternative has a series of different direct and indirect, positive and negative impacts on society and environment [14-17]. One of the purposes of using MADM techniques is to identify the most significant impacts for each alternative. Later, these impacts are transformed into attributes. General goal is always maximizing benefits and minimizing negative effects [18]. Clearly, it is not always possible to achieve this, for example, minimal costs of construction and operation of motorway, minimal negative impacts on environment and maximum benefits for the motorway users. Also, short-terms benefits may be in conflict with the long-terms benefits, e.g. minimizing of investment costs can be profitable in the beginning of motorway project realization, but can increase future

maintenance and managing costs. By following methodological steps for implementation of MADM in process of motorway selection, decision makers have potential to attenuate conflict nature of goals and attributes.

Selected motorway corridor and its project elements are going to be elaborated throughout further project documentation and represent basic input for the next project phase.

The part of project documentation in general design phase, which introduces MADM techniques for selecting optimal motorway corridor should contain the following steps:

- Representation of motorway corridor alternatives and related parameters;
- MDMA methodology – definition of specific goals, attributes, related values and variables that are going to be used in MADM process;
- Implementation of MADM methods;
- Results of MADM implementation.

Following figure represents MADM methodological framework for optimal motorway corridor selection. It implies listed steps with specific elements and links. This framework is based on the framework on Figure 1, but it is modified for the purpose of motorway corridor selection problem.

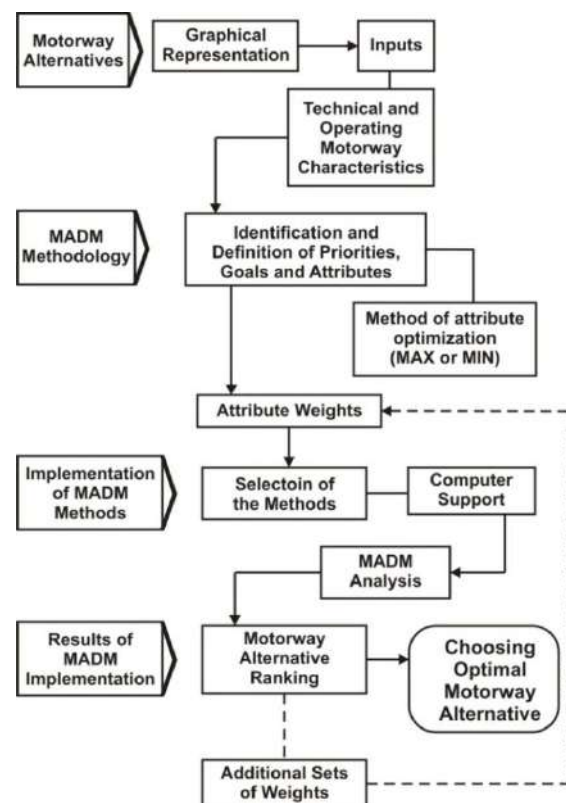


Figure 3. Methodological framework for optimal motorway corridor selection

The proposed methodological framework is elaborated to be easy, understandable, flexible and to comprehend all elements relevant to making choice, i.e. selection of appropriate motorway corridor.

These steps are going to be explained in detail in the next sections of the work.

5.1. Representation of motorway corridor alternatives and related parameters

This part of project documentation describes detail technical and traffic characteristics of corridor alternatives, predicted traffic volumes, as well as existing road network in the area of planned corridor. General design project phase usually contains three to four corridor alternatives.

Technical representation of alternatives contains precisely geographical locations of corridor alternatives and their relative position considering other location of interest (cities, water surfaces, landmarks, mountains, etc.). Main similarities and dissimilarities among alternatives need to be highlighted too by comparative means. One possible example of the graphical representation of corridor alternatives (from hypothetical point A to point A') is shown on the following Figure 4.

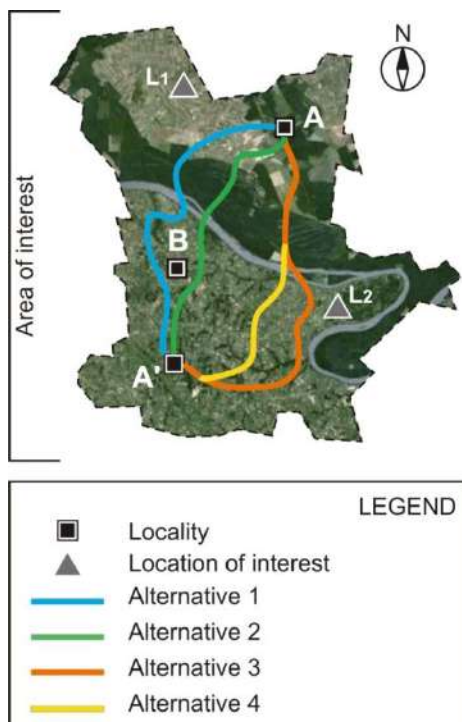


Figure 4. Example of the graphical representation of corridor alternatives

For each motorway corridor alternative, technical and operating characteristics need to be point out, usually in tabular form. Following characteristics of alternative are usually presented and analyzed:

- Total length of motorway alternative (L_t , km),
- Overall design speed (S_{OD} , km/h),
- Motorway segment length (L_i , km),
- Number of lanes (N) and lane width (LW , m),
- Emergency lane width (LW_E , m),
- Horizontal alignment minimum radius ($R_{H\ min}$, m),
- Degree of horizontal curvature (D_H),
- Average upgrade level per segment (UG_{avg} , %),
- Maximum upgrade level (UG_{max} , %) and maximum upgrade length (l_{UPmax} , km).

Analysis of existing traffic flow volumes are based on annual average daily traffic (AADT) records with traffic flow structure data per years of motorway operating. On the AADT basis, it is possible to calculate future expected traffic flow volumes (by using average annual traffic growth rate) and standard volumes [20]. Calculations are done for total length of motorway corridor alternative per segments. Future predicted traffic flow volumes are basic inputs for functional and economical evaluation processes and are usually presented for 1st, 10th, 15th, 20th and 25th year of motorway operating. It is assumed that these traffic flow volumes will exist in the future period of time on motorway corridor alternative that are going to be selected. As mentioned before, AADT and structure of these traffic flow volumes per years of motorway operating need to be presented (percentage of passenger car, trucks, buses and recreational vehicles in traffic flow).

5.2. MADM methodology

Goals, attributes, values of parameters, and attribute weights need to be identified and defined here. Framework presented on Figure 3 can be used for this purpose. Therefore, goals of motorway construction, as a highway of great importance for wider area of influence, are often defined as following:

- Optimizing level of service (LOS) for future predicted traffic flows on selected motorway corridor;
- Optimizing road safety for future predicted traffic flows on selected motorway corridor;
- Reducing operating costs of users for future predicted traffic flows on selected motorway corridor;
- Enabling optimal accessibility of populated localities and surrounding road network;
- Maximum environment preservation in the area under motorway influence;
- Enabling rapid development of area under motorway influence.

Based upon these specified goals, attributes and optimization methods need to be defined. Attribute sets also can be defined at this stage. Usually, 10 to

15 different attributes for selecting optimal motorway corridor alternative are defined and used in MADM analysis. Motorway alternative that obtains the highest results by the define attributes is considering as the optimal one [21]. For purpose of simplification and better understanding of MADM problem, attributes can be grouped in attribute sets which can also be used in MADM analysis. One example of possible attributes grouping (with optimization methods, i.e. minimum or maximum) is given in Table 2.

Table 2. Possible grouping of attributes in 4 sets

Costs	User benefits
- Capital construction costs (min) - Maintenance costs (min) - Total traffic accidents costs (min)	- Travel time (min) - Vehicle operating costs (min) - Quality of motorway users supporting services (MAX)
Ecology aspects	Spatial planning and economic aspects
- Negative ecological impacts (min) - Cultural and environmental degradation risk (min)	- Impact on future spatial planning og related areas (min) - Ability to connect different areas and to activate economic development of areas (MAX) - Social deployment and indirect economic development impacts (MAX)

List of attributes and corresponding attributes sets for selecting optimal motorway corridor alternative vary and depend on the nature of specific problem that need to be solved in practice. Therefore, presented content of Table 2 is not definite and it is used as an example for this work purpose.

Each attribute gets weight coefficients different for each alternative. Those attribute weights (i.e. coefficients) represent relative importance of attribute and priorities made by decision makers and stakeholders. Normalized attribute weights take values from zero to one and total summary for each alternative should be one. Attribute weights assignment is of the crucial importance for final alternative ranking in the MADM process. Determination of attribute weights is a subjective action and it reflects system of values in particular MADM problem. Although there is several scientific methods for determining attribute weights, direct human influence (subjective action) make this issue questionable no matter which MADM method is used for problem solving. Methods for assessing weights can be e.g., Eigenvector, Weighted Least Square, Entropy method, etc. The weighting usually bases on the explicit conversion of expert knowledge obtained through interviews or public

surveys (ranking method, rating method and comparison method).

5.3. Implementation of MADM methods

Selection of MADM methods that are going to be used for solving specific problem is not always a simple task. Selection of MADM methods is also multi-attribute problem of choosing among existing MADM methods and this is called "decision paradox". However, as shown in Section 4, it is possible to compare different MADM methods by various characteristics and to choose suitable methods for solving corridor selection problem.

Today, various computer applications and software are commonly used for solving MADM problems by one or more MADM methods. Availability and flexibility of computer technologies are the reasons for their usage for solving MADM problems which are sometimes very complex. Also, usage of computer technologies often means significant time and financial savings.

Decision makers usually are an experts in the field of particular MADM problem. Therefore, they are well informed and familiar with nature of that problem and the best ways for solving it. Decision makers choose an appropriate MADM method for problem solving mostly on the basis of their own experiences. For selecting optimal motorway corridor alternative, SAW method is often used mostly because of its simplicity. However, for more reliable results, beside SAW method one or two more MADM methods should be used for selecting optimal alternative. It is up to decision makers to choose between different methods depending on their preferences or some earlier practices. As specified before in the paper, final result of MADM methods is complete or partial alternative ranking.

5.4. Results of MADM implementation

Results of MADM process of evaluating and selecting optimal motorway corridor contains information and description of used MADM methods, computing procedures and final ranking of the alternatives. Credibility of these results mostly depends on two elements:

- Input data (technical and operating motorway characteristics for existing and future conditions);
- Weight coefficient assigned to attributes.

As showed in Figure 3, there is possibility for additional sets of weights assessment. However, decision makers should carefully choose new attribute weights since it can effect final alternative ranking and usage of methods for assessing attribute weights is mandatory. Concise comparison

and explanation of results obtained using different MADM methods can be pointed out here.

6. CONCLUSIONS

MADM techniques and methods are useful tool for supporting decision making process when decision making is containing multiple and conflicting attributes. Decision makers need to be aware of all consequences of their decisions and actions. They have to be able to predict future behavior of the system affected by their present actions (decisions). Besides using expert knowledge, appropriate usage of MADM procedures depends on organization's and stakeholder's willingness to accept and apply MADM principles.

Main goal of this paper was to establish methodological framework for MADM implementation on motorway corridor selection problem. Also, it is pointing out the active role of MADM in process of optimal motorway corridor selection. Crucial tasks are providing valid input data, identifying relevant alternative attributes and assessing attribute weights. Input data are technical and operating characteristics of the motorway alternatives, alternatives attributes reflect motorway's impacts on environment and society and attribute weights represents decision maker's priorities. Presented methodological framework for implementation of MADM in process of motorway corridor selection is guideline for decision makers for including all relevant elements to make decision, i.e. to choose optimal corridor. Many of the motorway corridor attributes listed in this work are conflicting which means that final decision based on that attributes is compromise solution. This paper shows how different decision maker's preferences determine which MADM methods are going to be selected and used in corridor selection.

Following conclusions and recommendations can be made:

- MADM techniques and methods are tool for decision supporting process where human factor (decision makers and stakeholders) has active role; MADM should not be considered as some unmistakable or default algorithm for automatic problem solving;
- In transportation network planning and designing processes, MADM is taking part in selecting optimal motorway corridor in general design phase of the project as a component of project documentation;
- Methodological framework for implementation of MADM in process of motorway corridor selection presented in this paper should support decision makers in attenuating conflict nature of goals and

attributes and to include all relevant elements for making decision;

- Decision makers choose MADM methods for solving motorway corridor selection problem by their preferences and specific methods characteristics; recommendation is to use several method for the same MADM problem;
- Determination of attribute weights is decision maker's subjective action which effects on final alternatives rankings, therefore these weights should be assessed carefully;
- Attributes can be divided into attribute sets which also can be used in MADM analysis; in this way, MADM problem is better structured and easier to solve; as shown in this paper (Section 5.2) attribute grouping is convenient especially in MADM problem of optimal motorway corridor selection;
- Multidisciplinary problem approach is one of the important characteristics of MADM analysis where various scientific fields experts are taking part in; it is of great importance to provide and respect multidisciplinary principles within working team;
- There is no MADM problem solution optimizing all the preset attributes at the same time (an ideal solution) and decision makers have constantly to search for the compromise solution.

References

- [1] J. Lu, G. Zhang, D. Ruan, and F. Wu, *Multi-objective group decision making: methods, software and applications with fuzzy set techniques* vol. 6: World Scientific, 2007.
- [2] D. Xu and J. B. Yang, "Introduction to multi-criteria decision making and the evidential reasoning approach", *Manchester School of Management, University of Manchester Institute and Technology*, 2001.
- [3] Lazić V., "Multi-criteria selection of the structural solution for repair of slump-landslide", *Journal of Road and Traffic Engineering*, 2008.
- [4] D. Tsamboulas and A. Kopsacheili, "Methodological framework for strategic assessment of transportation policies: Application for Athens 2004 Olympic Games", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1848, pp. 19-28, 2003.
- [5] T. Gwo-Hshiung, G. H. Tzeng, and J. J. Huang, *Multiple attribute decision making: Methods and applications*: CRC Press, 2011.
- [6] N. Bhushan and K. Rai, *Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process*: Springer, 2004.
- [7] J. Dodgson, M. Spackman, A. Pearman, and L. Phillips, "Multi-criteria analysis: a manual", 2009.
- [8] S. H. Zanakis, A. Solomon, N. Wishart, and S. Dubish, "Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods", *European journal of operational research*, vol. 107, pp. 507-529, 1998.
- [9] V. Belton, "A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function", *European journal of operational research*, vol. 26, pp. 7-21, 1986.
- [10] R. Karni, P. Sanchez, and V. M. R. Tummala, "A comparative study of multi-attribute decision making methodologies", *Theory and decision*, vol. 29, pp. 203-222, 1990.
- [11] A. Goicoechea, L. Duckstein, and S. Zionts, "Multiple criteria decision making", 1992.
- [12] D. L. Olson, H. M. Moshkovich, R. Schellenberger, and A. I. Mechitov, "Consistency and Accuracy in Decision Aids: Experiments with Four Multi-attribute Systems", *Decision Sciences*, vol. 26, pp. 723-747, 1995.
- [13] B. Öztayşi and İ. Uçal, "Comparing MADM techniques for use in performance measurement", in *ISAHP 2009 Symposium*, 2009.
- [14] G. D. Kuzović Lj., Aleksić B., Lajšić Đ., "Comparison of variants for connecting Belgrade - South Adriatic motorway with corridor 10 and Belgrade core road transport facilities", *Journal of Road and Traffic Engineering*, 2010.
- [15] M. G. Malenkovska Todorova M., Glavić D., "Evaluation procedures in preparing the by-pass feasibility study", *Journal of Road and Traffic Engineering*, 2010.
- [16] U. M. Kuzović Lj., Radičević V., Ljajić I., Stevanović N., Glavić D., "The relevance of future motorway Belgrade - South Adriatic for qualitative traffic opening and development of Pešter plateau and Golija mountain", *Journal of Road and Traffic Engineering*, 2009.
- [17] G. D. Kuzović Lj., Ostojić R., "Environment as a factor in choosing optimal road alternative and economic evaluation of chosen alternative", *Journal of Road and Traffic Engineering*, 2007.
- [18] G. D. Kuzović Lj., Laišić Đ., "Investments in maintenance programs and designs meant for the construction of state roads under financial constraints", *Journal of Road and Traffic Engineering*, 2008.
- [19] C. Macharis, J. Springael, K. De Brucker, A. Verbeke, "PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP", *European journal of operational research*, vol. 153, pp. 307-317, 2004.
- [20] Tubić V., "Standard traffic flows in evaluating project solutions", presented at the IX Regional Conference on traffic management techniques TES, Subotica, Serbia, 2010.
- [21] Kuzović Lj., *Evaluation of management development and exploitation of the road network*, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Serbia, 1994.

СТАВОВИ КОРИСНИКА АУТО-ПУТА ПРЕМА ЕЛЕКТРОНСКОЈ НАПЛАТИ ПУТАРИНЕ

др Светлана Чичевић, дипл. психолог,
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, s.cicevic@sf.bg.ac.rs

Александар Трифуновић, дипл.инж.
Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, trifunovic90@live.com

Прегледни рад

Резиме: Досадашња пракса је показала да је проточност возила коришћењем конвенционалне наплате путарине смањена. Сходно претходној чињеници и низом других повољности, као што су смањење трошкови наплате путарине, краће време чекања на наплатним рампама корисника ауто-пута и смањење загађења животне средине, у Републици Србији је уведена електронска наплата путарине. Могућа неинформисаност, незаинтересованост или несигурност у рад овог система су потенцијални разлози да се корисници ауто-пута ретко одлучују да пређу на коришћење новог начина плаћања путарине. Начине за побољшање и унапређење система наплате путарине у Републици Србији, између осталог, треба тражити испитивањем информисаности и ставова грађана према коришћењу система електронске наплате путарине. У раду је представљена директна анализа резултата прикупљених путем онлајн анкете, који приказују ставове грађана према употреби електронске наплате путарине. Превасходно истраживање је усмерено ка одређивању степена интересовања корисника ауто-путева за употребу система електронске наплате путарине и могућих разлога за потенцијално прихватање овог система наплате у блиској будућности.

Кључне речи: систем електронске наплате путарине, Србија, ставови корисника, прихватање система ЕНП

USER ATTITUDES TOWARDS ELECTRONIC TOLL COLLECTION SYSTEMS

Svetlana Čičević, Ph. D. Psychologist,
Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade,
s.cicevic@sf.bg.ac.rs

Aleksandar Trifunović, B.Sc. T.E.,
Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade,
trifunovic90@live.com

Review paper

Abstract: In recent years, with the aim of enhancing the efficiency of highways and reducing traffic jams, traditional manual toll collection methods have been widely replaced by electronic toll collection (ETC) systems. While they could recover road construction and operation costs, decrease the fiscal burden of the government, and more importantly, cut down queuing and delays due to enhanced road capacity,

remove severe bottlenecks and reduce travel times outside the peaks, Electronic Toll Collection Systems were introduced in Serbia. Because the distance-based freeway ETC system is new, it is particularly important to understand the ETC adoption and usage behavior of future freeway users. The online survey was performed in order to address several issues as: interest in subscriptions to the ETC service, preferred types of transponders or automated vehicle identification tags, preferred location or placement of transponders on the vehicle, desired method of payment for the ETC service, and perceived benefits of ETC. Since ETC promises alleviation of congestion problems, reduction of toll management costs, and cash-free convenience for drivers, effectiveness for reaching broader transport policy objectives such as modification of users' habits, internalization of road externalities, infrastructure usage optimization and ecological impact limitation, it is necessary to evaluate public interest and willingness for its adoption, among users, as well as among non-users, and to consider the possible means how to increase the ETC usage rate.

Key words: Electronic Toll Collection Systems, Serbia, ETC adoption, Usage behavior

1. УВОД

Интелигентни транспортни системи (ИТС) представљају међународну иницијативу примене информационих и комуникационих технологија на транспортну инфраструктуру и возила са циљем унапређења безбедности саобраћаја и потрошње горива, што у крајњој инстанци доводи до смањења времена транспорта и путовања. Генерално, у ИТС апликацијама није било потребе за идентификовањем појединачних возила, међутим, применом у наплати путарина, неопходно је коришћење позиционирања и рачунарске инфраструктуре да би систем електронске наплате путарине могао да функционише, тј. да се регулишу задужења регистрованих власника возила [1]. Ово уводи проблем заштите података и приватности, који може да буде један од разлога слабијег прихватања система електронске наплате путарине.

Досадашња спроведена истраживања препознала су потенцијалне разлике између теоретских повољности система електронске наплате путарине и способности јавности да те повољности препозна и прихвати примену новог система. Светска литература, која приказује резултате истраживања која су спроведена над корисницима ауто-пута са наплатом путарине, као закључак издваја чињеницу да није реално очекивати од возача да прецизно израчуна директне и индиректне трошкове наплате путарине који су настали током путовања.

Избор између ручног и електронског начина плаћања путарине, зависи од тога која алтернатива кориснику пружа већу уштеду времена и новца. Избор такође зависи и од попушта у цени коју нуди електронска наплата путарине, учесталости коришћења ауто-пута и погодности које пружа безготовинско плаћање. Постоје и различите мере које може спровести предузеће које се бави наплатом путарина, да би се стимулисали возачи да користе електронску наплату путарине. Најпопуларнија мера се односи на редуковање броја саобраћајних трака за возила чији возачи плаћају путарину готовином, док се број саобраћајних трака за возила која имају постављен „таг“ уређај повећава.

У 2010. години на ауто-путевима кроз Србију само 1,06% укупне путарине наплаћено је путем електронских ТАГ уређаја. Омогућена 2007. године, најављивана као значајна новина, која је једноставнија, бржа и исплативија, наплата коришћења ауто-пута без заустављања још није заживела. Реализација електронске наплате путарине путем ТАГ-ова је у порасту на деоници Београд-Шид где пораст износи 133%, и на деоници Ниш-Лесковац где је забележен пораст од чак 571%, што је директна последица увођења електронске наплате путарине на деоници Београд-Ниш. Такође, плаћање путарине платним картицама је све учесталије. У 2010. години, у односу на 2009. годину, забележено је повећање учешћа наплате путем ПОС банкарских картица, у односу на остварени укупни приход, са 5,1% у 2009. години на 6,24% у 2010. години. У односу на 2009. годину вредност ПОС трансакција је већа за 25,46% (за око 177,76 милион динара) [2].

У погледу примене ЕНП уређаја, јављају се проблеми код појединих категорија возила, на пример: у групи возила мотоцикала постоји неколико проблема који би се могли редуковати увођењем додатних техничких елемената код система ЕНП-а. Као предлог унапређења потребно је дефинисати позицију прилаза мотоциклиста уређају за читавање података са „таг“ уређаја као и предлог уцртавања назначене позиције на коловозу ка прилазу читачу. У складу са позицијом „таг“ уређаја на мотоциклу намеће се потреба стандардизације те позиције без обзира на конструкцијски облик самог мотоцикла [3]. Наведена констатација представља проблем код употребе ЕНП-а за мотоциклисте, због техничких проблема у постављању самог уређаја на мотоцикл, па је ова категорија возила аутоматски онемогућена да користи електронску наплату путарине.

Видевши да се корисници ЕНП система суочавају са техничким проблемима око места у возилу на коме треба да се постави „таг“ уређај, спроведено је пилот истраживање са циљем да се испитају ставови корисника ауто-путева према

увођењу ЕТЦ сервиса. У раду су представљени ставови грађана по питању на којем делу возила би најрадије поставили „таг“ уређај, узимајући у обзир да се у свету „таг“ уређаји могу монтирати на различитим местима у возилу.

Ово је било једно од питања постављених у онлајн анкети која је имала за циљ да испита ставове корисника према елементима ЕТЦ система као што су - интересовања корисника ауто-путева за претплату на ЕТЦ сервис, преферирану врсту транспондера, тј., аутоматизованих тагова за идентификацију возила, већ поменути локацију постављања тагова на возилу, жељени метод плаћања ЕТЦ сервиса, као и предности које корисници очекују од ЕТЦ сервиса.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

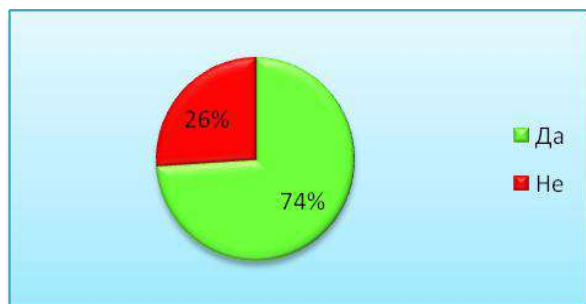
Истраживање је вршено искључиво путем онлајн анкете у којој су испитаници бирали један од понуђених одговора на питања. Да би се добио репрезентативан узорак анкетне обрасце је могао да попуњава сваки корисник интернета, добровољно. Имајући у виду мрежу ауто-путева у Републици Србији, становницима Новог Сада, Београда и Ниша су наменски послати линкови преко којих су могли да учествују у анкети. Анкета која је коришћена за ово пилот истраживање не садржи питање о месту становања испитаника, тако да анализа добијених података није усмерена на ставове становника три највећа града у Србији, већ свих корисника ауто-путева.

Анкета се састојала од шест питања, која се односе на испитивање ставова корисника ауто-пута о систему електронске наплате путарине. Чињеница да је за три дана прикупљено преко 70 анкетних листова говори да становници Републике Србије имају интересовање за систем ЕНП. Подаци из анкетних листова унешени су и обрађени у бази података која је урађена у програмском пакету MS Excel.

Основни проблем овакве врсте истраживања представља питање да ли је прикупљен узорак заиста репрезентативан. Не постоје технике које могу гарантовати објективан резултат истраживања, нити је могуће ублажити пристрасност испитаника у давању одговора на питања која се односе на личне ставове. Постоји могућност да су попуњавање упитника избегавали корисници ауто-пута који имају позитивна искуства са електронском наплатом путарине. Сврха истраживања је да процени јавни интерес за коришћење ЕНП система за наплату путарине [4].

3. ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Директна анализа одговора на питања из спроведене анкете о ставовима корисника ауто-пута о електронској наплати путарине приказана је на графиконима у даљем тексту. На основу одговора испитаника на прво питање, већина (74%) корисника се изјаснила да су спремни да користе систем електронске наплате путарине, што указује да постоји велико интересовања корисника ауто-пута за овакав вид плаћања путарине. Остали испитаници, односно нешто више од 1/4 испитаника, нису исказали заинтересованост према оваквом начину плаћања путарине.



Слика 1. Одговори на анкетно питање „Да ли сте заинтересовани да као претплатник користите ЕНП?“

Резултати приказани на Сlici 2. говоре у прилог чињеници да корисницима више одговара употреба преносивог „таг“ уређаја (80% испитаника). Трајно постављен „таг“ уређај, који се користи у Републици Србији, преферира 1/5 испитаника. Добијени резултат показује да би највећем броју испитаника одговарало да користе преносиви „таг“ уређај који обезбеђује низ повољности, почев од тога да један „таг“ уређај може да се користи на више возила и самим тим нуди уштеду корисницима који имају више возила у власништву, као и корисницима који не користе често ауто-пут, који би могли да позајме овај уређај другима када излазе на ауто-пут са наплатом.



Слика 2. Одговори на анкетно питање „Да ли вам више одговара ЕНП „таг“ који се трајно поставља на аутомобил или би вам више одговарао ЕНП „таг“ који може да се користи на више аутомобила (преноси се са аутомобила на аутомобил)?“

Добијене резултате је потребно детаљније анализирати и утврдити да ли је можда један од разлога што се корисници у великом броју не одлучују на коришћење система ЕНП-а, непостојање преносивог „таг“ уређаја у систему наплате путарине.

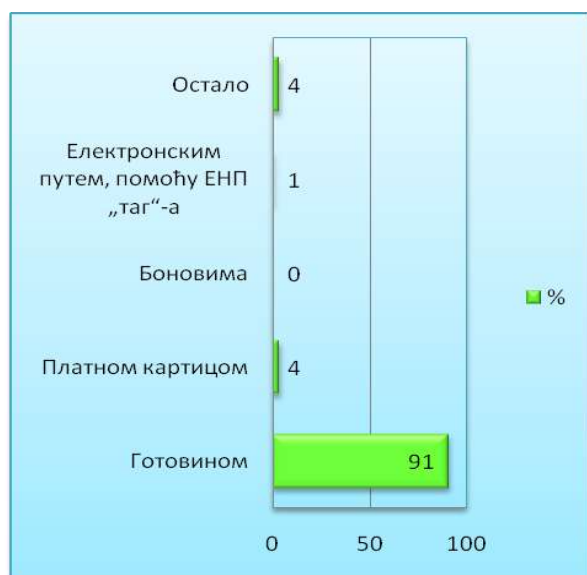
Одговори на питање „На који део вашег возила би најрадије поставили ЕНП „таг“ који је правилног облика и величине мобилног телефона?“, 73% испитаника је одговорило да је за њих најбоља локација да поставе „таг“ уређај унутрашња страна возила, на предњем ветробранском стаклу (преносив ЕНП „таг“). Чињеница да се „таг“ уређај који се користи у Србији монтира на унутрашњој страни возила, на предњем ветробранском стаклу, указује да изабрана локација на којој се поставља „таг“ уређај у аутомобилу одговара највећем броју испитаника. На регистарској табlici возила, „таг“ уређаја поставило би 11% испитаника. Најмањем броју испитаника би одговарало да „таг“ уређај постављају испод возила или у делу моторног простора (трајно постављен ЕНП „таг“), односно са спољне стране предњег ветробранског стакла (трајно постављен ЕНП „таг“), односно 7% и 9% респективно.



Слика 3. Одговори на анкетно питање „На који део вашег возила би најрадије поставили ЕНП „таг“ који је правилног облика и величине мобилног телефона?“

Одговори на ово питање потврђују да је највећи број испитаника заинтересован за коришћење преносивог „таг“ уређаја који се монтира са унутрашње стране возила, на предњем ветробранском стаклу. Трајно постављен „таг“ уређај, са три различита места монтирања на аутомобил, би користило 27% испитаника, чиме се потврђује констатација из другог анкетног питања да су корисници заинтересовани за коришћење преносивог „таг“ уређаја који се не употребљава у систему ЕНП-а у Србији.

Анализом одговора на питање на који начин корисници ауто-пута најчешће плаћају путарину, може се закључити да највећи број испитаника путарину плаћа готовим новцем, чак 91% испитаника. Ни један испитаник није одговорио да као средство плаћања путарине користи бонове. Платном картицом накнаду за коришћење ауто-пута плаћа 4% испитаника. Електронским путем, помоћу система ЕНП-а, који је и предмет истраживања у овом раду, накнаду за коришћење ауто-пута измирује 1% испитаника. Знајући разне повољности које за корисника нуди систем ЕНП-а и чињеницу да је чак 74% испитаника одговорило да су заинтересовани за овај вид плаћања путарине, потребно је детаљно анализирати разлог због којег само 1% испитаника у пракси користи систем ЕНП-а. Један од разлога може бити и непокривеност свих деоница ауто-пута у Србији системом ЕНП-а. Пошто у раду нису прикупљени подаци о месту становања испитаника, није могуће испитати наведену претпоставку, али дошло се до закључка у ком правцу треба усмерити наредне кораке у истраживању.



Слика 4. Одговори на анкетно питање „На који начин плаћате путарину?“

Истраживање које је спровело предузеће „Путеви Србије“ у 2010. години, дошло се до резултата да се око 1% од укупне наплате путарине обави помоћу електронских „таг“ уређаја [6]. Анализом добијених резултата из анкете и података добијених истраживањем предузећа „Путеви Србије“, долази се до поражавајуће чињенице да тренд употребе система електронског плаћања путарине није растући, упркос чињеници да је број деоница на којима постоји ЕНП знатно повећан од 2010. године.

Више од половине испитаника, тачније 52% испитаника ауто-пут користи неколико пута у току једне године. Неколико пута месечно ауто-пут користи 36% испитаника. Ови подаци оправдавају жељу испитаника за преносивим „таг“ уређајем, који би могао да се користи за више аутомобила различитих власника и који одговара возачима који ретко користе ауто-пут. До два пута недељно ауто-пут користи 11% испитаника, док је само 1% испитаника ауто-пут користи између три и четири пута недељно. Ни један од испитаника који су учествовали у анкети није навео да користи ауто-пут свакодневно. Добијени резултати на питање о учесталости коришћења ауто-пута, стају у одбрану малог броја корисника система ЕНП, јер су у анкети претежно учествовали испитаници који ауто-пут користе пар пута месечно и ређе (88% испитаника).



Слика 5. Одговори на анкетно питање „Колико често користите ауто-пут?“

Рекреација, забава или одмор се издвајају као најчешћи разлози коришћења ауто-пута које су навели 34% испитаника, што указује да су то углавном периодични корисници ауто-пута. Ради приступа месту школовања ауто-пут користи 22% испитаника. Имајући у виду да су у процесу школовања млади људи, који најчешће за превоз користе аутобус, и овај податак говори у пролог интерпретације малог процента коришћења система ЕНП у овом истраживању.

Узимајући у обзир податке из првог питања да је 74% испитаника заинтересовано да користи систем ЕНП, долазимо до закључка да из ове категорије испитаника треба произвести будуће кориснике ЕНП-а. Пошто истраживањем нису сакупљени подаци о старосном добу испитаника, не може се прогнозирати будући растући тренд, али се истраживања могу усмерити ка анализи ставова младих возача према систему ЕНП и резултате употребити за деловање на ову групу возача да се одреде за коришћење ЕНП система. Ауто-пут користе из разлога путовања на посао и извршавање приватног посла 8%, односно 12% испитаника, респективно. Детаљном анализом прикупљених података, долази се до закључка



Слика 6. Одговори на анкетно питање „Која је ваша основна сврха коришћења ауто-пута?“

да 6% испитаника, који због одласка на посао или приватног посла користе ауто-пут, користе систем ЕНП. Ове две категорије испитаника би требало да учесталије користе ауто-пут, па је јасно да оне представљају циљну групу на коју би требало да буде усмерена кампања за промовисање употребе система ЕНП. Куповину као основну сврху коришћења ауто-пута издвојило је 3% испитаника, док за 21% испитаника ни једна од понуђених алтернатива није представљала основну сврху коришћења ауто-пута. Требало би поставити упит о томе у које сврхе они користе ауто-путеве.

Примена нових врста медија, као што је Интернет, показује предности у поређењу са

традиционалним медијима приликом оглашавања и упознавања корисника са детаљима и предностима коришћења система електронске наплате путарина, као начина да се повећа степен прихватања ове услуге. Показало се да ставови, друштвене норме, опажена бихејвиорална контрола и очекивани ризик, као и предвиђена лакоћа коришћења имају директан утицај на намере да се прихвати нови систем наплате путарина. Другим речима, када потенцијални корисници (који то раније нису били) одлучују да прихвате нови систем, у фокусу ће им бити очекивана корисност и лакоћа употребе. Зато би, власти и ЕТС провајдери, требало да се потруде да побољшају ове основне карактеристике система. Истраживања показују да традиционални медији, као што су ТВ и радио, имају директног утицаја на ставове према прихватању ЕТС, док нови медији (Интернет) показују значајан утицај на однос између спремности да се прихвати и спремности да се користи систем електронске наплате путарина. Да би се ово остварило неопходна је добра маркетинг стратегија, односно адекватна сегментација тржишта [5].

4. ЗАКЉУЧАК

Из наведеног произилази закључак, да је најбоље употребити и традиционална и нова средства оглашавања приликом спровођења кампања које имају за циљ повећање броја корисника система електронске наплате путарина [6].

Анализом података прикупљених анкетним истраживањем, може се закључити да корисници ауто-пута нису препознали предности које пружа тренутни систем ЕНП-а. Разлог томе може се тражити у чињеници да највећи број испитаника не користи често ауто-путеве (пар пута месечно и ређе), па самим тим нису прихватили безготовинско плаћање коришћења ауто-пута. Испитаници су показали интересовање да у будућности користе систем ЕНП-а, али очигледно да њима не одговара постојећи „таг“ уређај који се користи у Србији. Велики број испитаника је изразио потребу за преносивим „таг“ уређајем, који може да се користи на више возила. Ова чињеница се може искористити за привлачење већег броја корисника система електричне наплате путарине, и самим тим ефикаснијем коришћењу ауто-путева у Србији.

У току је ново анкетање корисника ауто-путева у оквиру кога ће бити обухваћени демографски подаци који би могли омогућити детаљнији увид у структуру тржишта и мотивацију корисника, као и полазне основе за пажљиво креирање адекватних кампања.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Levinson, D., Chang E. (2003). A model for optimizing electronic toll collection systems. Transportation Research Part A 37. 293–314.
- [2] М. К. (2011). Електронска наплата путарине у Србији само 1%. (on-line) Доступно преко: http://viavita.org.rs/index.php?option=com_content&task=view&id=513&Itemid=58 (17.03.2013)
- [3] Levinson, D., Chang, E. A model for optimizing electronic toll collection systems. Minneapolis, USA: Department of Civil Engineering, University of Minnesota, MN 55455
- [4] Chiou, C. Y., Jou, R. C., Kao, C. Y., Fu, C. (2013). The adoption behaviours of freeway electronic toll collection: A latent class modelling approach. Transportation Research, Part E 49, 266–280.
- [5] Yim, Y. (1991). Electronic Toll Collection System (ETC) User Survey. California: California path program institute of transportation studies university of California at Berkley
- [6] Kuo, C. W., Jou, R. C., Chen, T. Y. (2012). , Paris: EWGT2012 – Compendium of Papers, 10-13.
- [7] Čičević, S., & Čubranić-Dobrodolac, M. (2012). Uticaj umora na bezbednost vozača na putevima. Put i saobraćaj, 58(2), 15-23.

SISTEM KVALITETA

Uglić Mirsada, dipl. građ. inž.
A.D. "Novi Pazar – put"

Stručni rad

Rezime: Rad prezentuje primenu sistema kvaliteta u okviru kompanije A.D. "Novi Pazar – put" kroz Sertifikat ISO 9001. Rad takođe prikazuje i sistem menadžmenta kvalitetom primenjen u A.D. "Novi Pazar – put".

Ključne reči: Sertifikat ISO 9001, sistem menadžmenta kvalitetom, PDCA planiraj – uradi – proveri – deluj

SYSTEM OF QUALITY

Uglić Mirsada B.Sc. C.E.
A.D. "Novi Pazar – put"

Professional paper

Abstract: This paper presents the application of the quality of the company's A.D. "Novi Pazar-put" through the ISO 9001 certificate. The paper also shows the quality management system implemented in A.D. "Novi Pazar-put".

Key words: ISO 9001 certification, a quality management system, the PDCA plan - do - check – act

UVOD

Uspešnost svakog posla se ogleda u efektivnosti i efikasnosti realizacije postupka proizvodnje koja se verifikuje kroz kvalitet krajnjeg proizvoda, odnosno kroz stepen zadovoljenja zahteva investitora – kupca kao krajnjeg korisnika proizvoda odnosno usluga.

Sertifikat ISO 9001 koji A.D. „Novi Pazar – put” poseduje od 2004. godine je potvrda da je A.D. „Novi Pazar – put” ovladao zahtevima međunarodnih standarda o sistemu menadžmenta kvalitetom, tj. da su proizvodi A.D. „Novi Pazarput-a” na nivou svih registrovanih procesa u preduzeću (asfalt, kameni agregati, put, ulica, plato) zadovoljavaju zahteve u pogledu kvaliteta kako one postavljene od strane Investitora tako i zahteve zakonskih i tehničkih propisa.

ORGANIZACIJA

Posedovanje sertifikata podrazumeva da organizacija mora da **uspostavi, dokumentuje, primenjuje i stalno održava sistem menadžmenta kvalitetom i da stalno poboljšava njegovu efektivnost, u skladu sa zahtevima ovog međunarodnog standarda.**

Organizacija mora da:

- Utvrdi procese neophodne za sistem menadžmenta kvalitetom i da ih primenjuje u celoj organizaciji.
- Utvrdi redosled i medjusobno delovanje ovih procesa.
- Utvrdi kriterijume i metode potrebne da se obezbedi da izvođenje ovih procesa i upravljanje njima bude efektivno.
- Osigura raspoloživost resursa i informacija neophodnih za podršku izvođenju i praćenju ovih procesa.
- Prati, meri kada je to primenljivo i analizira ove procese, i
- Primenjuje mere potrebne za ostvarivanje planiranih rezultata i stalno poboljšavanje ovih procesa.

MENADŽMENT KVALITETOM

Princip menadžmenta kvalitetom je, za rukovođenje i operativnost jedne organizacije, sveobuhvatno i fundamentalno pravilo ili postulat, čija je svrha da neprekidno i dugoročno unapređuje učinak, usmeravajući se na kupce, istovremeno ispunjavajući potrebe svih drugih interesnih strana.

Osnovu sistema menadžmenta kvalitetom **čine osam principa sistema menadžmenta kvalitetom** koje je ISO (Međunarodna organizacija za standardizaciju) donela još 1997.godine, a u okviru kojih je postavljen procesni sistem.

Osam principa sistema upravljanja kvalitetom su :

1. Usmerenost na kupca

Organizacije zavise od svojih kupaca i zato sve njihove aktivnosti treba da budu usmerene na zadovoljenje zahteva kupca i čak da se trude da u tome odu i dalje, tj. da prevaziđu njihova očekivanja.

2. Liderstvo

Lideri uspostavljaju jedinstvo cilja i rukovođenja organizacijom. Oni kreiraju ambijent u kome svi zaposleni bivaju uključeni u realizaciju postavljenih ciljeva.

3. Uključivanje zaposlenih

Zaposleni na svim nivoima čine osnovu jedne organizacije i njihovo potpuno uključivanje u proces realizacije ciljeva predstavlja uslov da njihove lične sposobnosti budu pravilno uključene za potrebe organizacije.

4. Procesni pristup

Željeni rezultati se postižu mnogo brže i lakše ako se određenim resursima i aktivnostima upravlja kao procesima.

5. Sistemski pristup upravljanju

Identifikovanje, razumevanje i upravljanje međuzavisnim procesima kao sistemom doprinosi efektivnosti i efikasnosti organizacije u ostvarivanju njenih ciljeva.

6. Neprekidno poboljšanje

Neprekidno poboljšanje ukupnih učinaka organizacije treba da bude stalni cilj organizacije.

7. Donošenje odluka na bazi činjenica

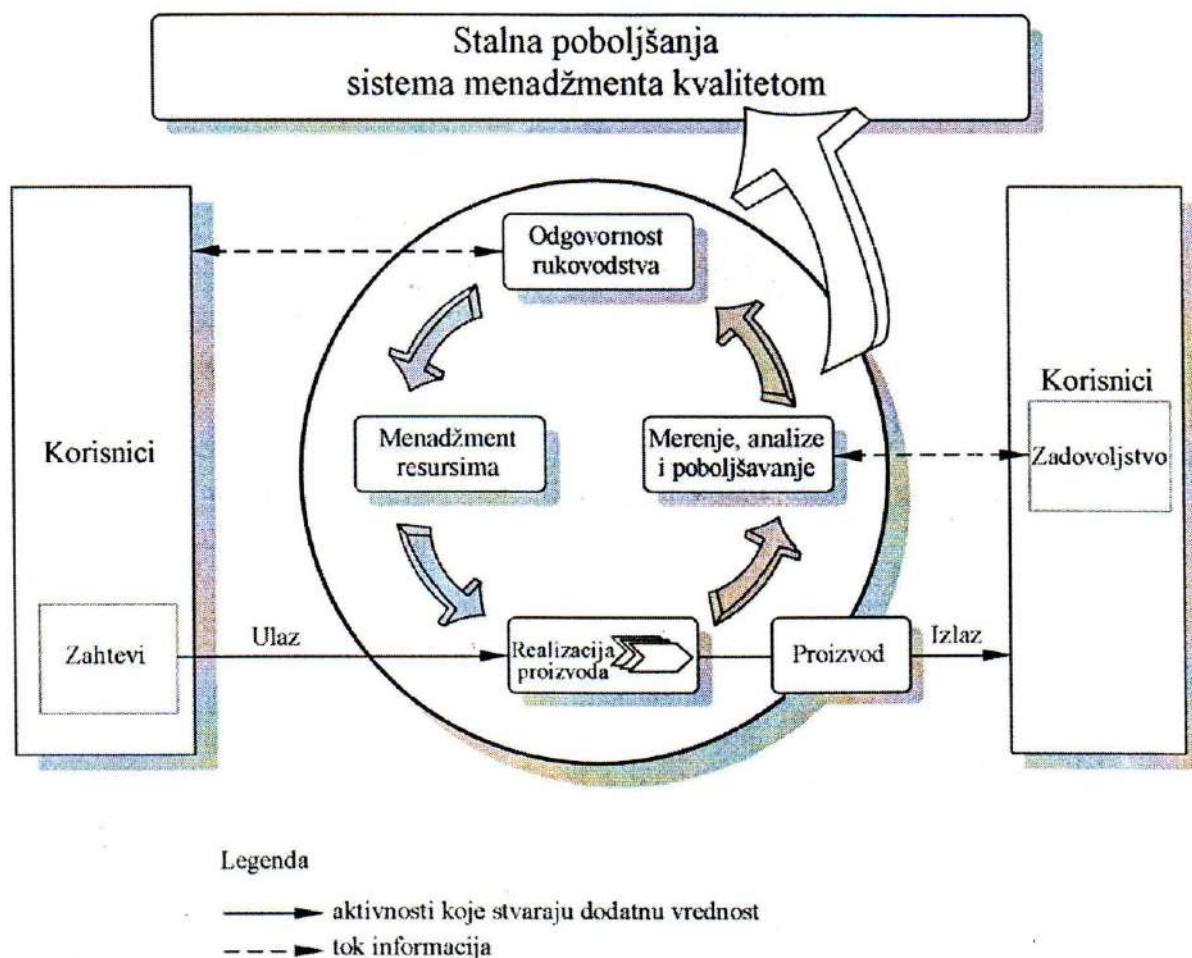
Efektivne odluke se moraju bazirati na analizama podataka i informacija.

8. Obostrano korisni odnosi sa isporučiocem

Organizacija i njeni isporučioči su međusobno nezavisni i samo obostranim korisnim odnosima se mogu stvarati nove vrednosti na obostrano zadovoljstvo.

Da bi shvatili funkcionisanje sistema menadžmenta kvalitetom treba početi od činjenice da se poslovanje naše organizacije može posmatrati kao sprega međusobno zavisnih procesa i da se sistem upravljanja kvalitetom projektuje na te procese. Svaki proces ima svoj početak i kraj. Pri tome kraj jednog procesa predstavlja početak drugog. Sagledavanje svih procesa i njihovih interaktivnih veza predstavlja „osnovu procesnog modela upravljanja“.

Na ovom modelu prikazani su svi zahtevi standarda upravljanja kvalitetom bez detaljnijeg prikazivanja procesa. Polazna tačka **ulaz** su zahtevi korisnika. Realizacijom zahteva dobija se proizvod kao **izlaz** uz adekvatno angažovanje resursa. I u toku realizacije radova i nakon realizacije proizvoda vrše se odgovarajuća merenja i analize stepena zadovoljenja zahteva korisnika nakon čega se donose odluke o preduzimanju akcija u cilju daljeg usavršavanja i poboljšanja sistema kvalitetom.



Slika 1 — Model sistema menadžmenta kvalitetom zasnovanog na procesima

Odnos identifikovanih procesa i interaktivne veze između njih su date dokumentu **Mapi procesa** koji sa dokumentom **Prikaz procesa** čini osnovu procesnog modela QMS.

Prikaz procesa je Dokument u kome su tabelarno prikazani procesi, definisani njihovi vlasnici, navedena dokumentacije kojom su ti procesi definisani, date performanse koje se prate i mere po procesima kao i period izrade izveštaja po datim performansama.

Sistem menadžmenta kvalitetom mora biti dokumentovan. Hijerarhija dokumentacije koja se koristi u sistemu menadžmenta kvalitetom je sledeća:

- sistemska dokumentacija
- osnovna dokumentacija.

Sistemska dokumentaciju čine:

Dokumentovana izjava o politici kvaliteta i ciljevima kvaliteta,
Poslovnik o kvalitetu,
Procedure,
Uputstva,

ZAPISI

Izjava o politici kvaliteta je dokumentovan dokaz opredeljenosti organizacije i svih zaposlenih za poslovanje na principima kvaliteta.

Poslovnik o kvalitetu je dokument koji prikazuje sistem poslovanja preduzeća.

Procedure su dokumentovani prikazi načina realizacije određenih procesa i njihove međusobne povezanosti.

Uputstva su dokumenta kojima se prikazuje kako se sprovode određene aktivnosti u okviru jednog procesa i kako se njima upravlja.

Zapisi su dokumenti koji objektivno evidentiraju sprovedene aktivnosti ili ostvarene rezultate.

Osnovnu dokumentaciju čine:

- tehničko – tehnološka dokumentacija,
- ekonomsko – finansijska dokumentacija,
- interna dokumentacija (pravilnici, ugovori sa investitorima i dobavljačima i sl.),
- dokumeta spoljnog porekla (zakonski propisi, međunarodni, regionalni, nacionalni standardi, tehnički pravilnici i preporuke i druga primenljiva dokumentacija).

Dokumentaciju sistema menadžmenta kvalitetom u našoj organizaciji čine 31 procedura i 11 uputstava.

Kroz ovu dokumentaciju je opisan naš sistem poslovanja. Procedurama i uputstvima su dokumentovani svi procesi u organizaciji, odnosno sve pojedine faze u njihovoj realizaciji. Zapisi koji su procedurama i uputstvima predviđeni da se vode su

dokumentovani dokazi o realizaciji pojedinih faza procesa, odnosno o merenjima potrebnim za njihovu realizaciju. Oni su polazna osnova za sve analize i razmatranja i donošenje zaključaka o stepenu uspešnosti realizacije procesa i odluka o daljim postupcima, odnosno o aktivnostima u cilju poboljšanja.

Osim sertifikata ISO 9001 naša organizacija poseduje i sertifikat ISO 14001. Ovaj sertifikat znači da smo naše poslovanje uskladili sa zahtevima sistema upravljanja zaštitom životne sredine, odnosno da smo zahteve ovog međunarodnog standarda ugradili u sistemsku dokumentaciju koju pored 6 osnovnih procedura čine 14 uputstava.

Zapisi koji su predviđeni ovim uputstvima i koji se vode na nivou identifikovanih područja za aspekte registrovanih aktivnosti dokumentuju našu opredeljenost da proizvodnjom i našim redovnim radnim aktivnostima budemo uvek u granicama dozvoljenih delovanja na okolinu.

Savremeni tokovi tržišta zahtevaju posedovanje ovih sertifikata. Nove tendencije zahtevaju i posedovanje sertifikata ISO 18001 sistem upravljanja zaštitom zdravlja radnika i bezbednošću na radu (OHSAS).

ZAKLJUČAK

Svi moramo biti svesni neophodnosti da naše poslovanje mora biti u skladu sa zahtevima sistema menadžmenta kvalitetom i sistema upravljanja zaštitom životne sredine. Suština ovog zahteva je da svako od nas radi u skladu sa zahtevima tehničkih i zakonskih propisa koji se odnose na oblast našeg delovanja, tj. da svako od nas svoj deo posla obavlja savesno i kvalitetno.

LITERATURA:

- [1] SRPS Standard ISO 9001
- [2] SRPS Standard ISO 14001
- [3] Sistemska dokumentacija A.D. „Novi Pazar – put“

НАУЧНИ ЧАСОПИС ПУТ И САОБРАЋАЈ И ЊЕГОВ ЗНАЧАЈ

мр Јелена Добриловић, проф.; виши библиотекар

Институт за путеве АД Београд, Кумодрашка 257, Београд, Србија, E-mail: jelena.poetic@gmail.com

Стручни рад

Резиме: Часопис *Пут и саобраћај* је покренут 1955. године с циљем да окупи најшири круг стручњака који се баве проблемима у области путева. Желело се да стручњаци износе запажања и искуства из области путног инжењерства. Часопис *Пут и саобраћај* је серијска публикација у којој се објављују научноистраживачки и стручни радови. У часопису је своје радове објавило преко 900 стручњака из области путног инжењерства. Радови су рецензирани и садрже оцену научног, стручног и практичног значаја. Часопис *Пут и саобраћај* спада у категорију научних часописа од националног значаја (M52). Часопис националног значаја јесте научни часопис домаћег издавача који по утицајности у својој дисциплини спада међу првих 50% домаћих часописа.

Кључне речи: часопис *Пут и саобраћај*, категоризација часописа, импакт фактор.

SCIENTIFIC JOURNAL OF ROAD AND TRAFFIC ENGINEERING AND IT'S SIGNIFICANCE

M.Sc. Jelena Dobrilović, prof.; senior librarian

The Highway Institute, Kumodraška 257, Belgrade, Serbia, E-mail: jelena.poetic@gmail.com

Professional paper

Abstract: The journal *Road and Traffic Engineering* started in the year 1955. with the aim to bring together the broadest range of experts who deal with problems in the road. They wanted experts amount to observations and experiences in the field of road engineering. The journal *Road and Traffic Engineering* is a serial publication wherein scientific and professional papers are published. More than 900 experts from the road engineering field published their papers in the journals. The papers were reviewed and contain the assessment of scientific, professional, and practical relevance. The journal *Road and Traffic Engineering* falls into category of scientific journals of national significance (M52). Journal of national importance is the domestic scientific journal publishers who by their impact in their discipline is among the top 50% of national journals.

Key words: Journal of *Road and Traffic Engineering*, categorization of journals, impact factor.

ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ ЧАСОПИСА ПУТ И САОБРАЋАЈ

Српско друштво за путеве VIA VITA је од свог оснивања сматрало да је потребно с времена на време издавати гласило у коме би се писало о проблемима пројектовања, грађења и одржавања путева, и у коме би се обавештавало о раду Друштва.

Прва стручна публикација изашла је 1953. године, после оснивања Српског друштва за путеве VIA VITA. Та публикација се звала: *Билтен Друштва за путеве Србије*. Билтен је имао облик новине. Формат је био 21 X 29 cm. Најчешће је штампан на четири стране. Билтен је излазио до 1955. године и публиковано је шест бројева. Главни уредник је био Добривоје Стевановић, дипл.инж.грађ., који је уједно био и први председник Друштва. У том периоду Билтен је одиграо значајну улогу у информисању путарске јавности о техничким и административним догађајима који су се у то време дешавали.

Грађење нових путева и потреба за савременим одржавањем путне мреже, захтевали су излазак једног обимнијег путарског часописа, који би био нека врста техничког информатора и водич за будућност. Одлуком Скупштине Друштва, одржане 1955. године у Београду, основан је часопис *Пут и саобраћај*. Први број је изашао априла 1955. године. Главни и одговорни уредник часописа *Пут и саобраћај*, од првог броја па до марта 1963. године, био је Добривоје Стевановић, дипл.инж.грађ.

Часопис *Пут и саобраћај* у доброј мери је заснован на традицији претходних путарских часописа: *Гласника Југословенског друштва за путеве* (који је излазио од 1934. до 1941.године) и *Билтена Друштва за путеве Србије*. Првих четрдесет година издаван је најчешће једанпут месечно, а понекад је излазио двомесечно или тромесечно. Касније се излазак часописа усталио на три до четири броја годишње.

Првих двадесет година, до краја 1976. године часопис *Пут и саобраћај* је издаван у формату 17 X 24 cm. Почетком 1977. године прешло се на већи формат 20 X 29 cm. Повећањем формата постигнута је боља функционалност, прегледност и лепши изглед часописа. Часопис је углавном штампан ћирилицом, осим у изузетним случајевима када је био посвећен манифестацијама на нивоу бивше Југославије и када је био штампан латиницом.

За квалитет и континуитет излагања часописа *Пут и саобраћај* највеће заслуге имају главни и одговорни уредници:

- Добривоје Стевановић, дипл.инж.грађ., од 1955. до 1963.године.
- Миодраг Ђенисијевић, дипл.инж.грађ., од 1963. до 1968. године.
- Живка Савић-Мијатовић, грађ.тех., од 1968. до 1976. године.
- Проф. др Здравко Јоксић, дипл.инж.грађ., од 1976. до 1999. године.
- Проф. др Ђорђе Узелац, дипл. инж.грађ., од 1999. до 2003. године.
- др Петар Митровић, дипл.инж.грађ., од 2004. до 2011. године.
- доц. др Драженко Главић, дипл. инж.саоб., од 2011. године.

Часопис *Пут и саобраћај* је покренут с циљем да окупи најшири круг стручњака који се баве проблемима у области путева. Желело се да стручњаци износе запажања и искуства из области путног инжењерства. Исто тако, часопис *Пут и саобраћај* је место где се афирмишу и популишу научно-истраживачки и стручни радови и где се приказују нове методе, модерне технологије и савремени грађевински материјали, који се примењују при градњи и одржавању путева.

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 инфраструктура и управљање путевима.
8. Геотехника.
9. Коловозне конструкције.
10. Грађевински материјали.
11. Научне информације.
12. Путарске вести.
13. Нове публикације.

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

БИБЛИОГРАФИЈА ЧАСОПИСА ПУТ И САОБРАЋАЈ

Часописи су главно средство за саопштавање текућих научних информација и евидентирање напретка у науци, зато што су такве информације знатно мањег обима од књига и што часописи брже излазе.

Библиографија је наука која има сопствене научне методе, библиографске и класификационе, и користи их у циљу систематизације људског знања и његових разнородних продуката. Систематизацију грађе одређују предмет и намена библиографије. Поузданост библиографије је основни предуслов њене вредности.

Часопис *Пут и саобраћај* је серијска публикација у којој је своје радове објавило више од 900 стручњака из области путног инжењерства. Радови су рецензирани и садрже оцену научног, стручног и практичног значаја.

Библиографију часописа Пут и саобраћај 1955-2008 је написала мр Јелена Добриловић. Библиографију је издало Српско друштво за путеве VIA-VITA 2009. године. Приликом израде библиографије поред реномеа часописа, један од мерила избора био је и проверавање, који је часопис највише тражен од стране стручњака или помињан у литератури. Мерила су и цитирање чланака часописа и њихова учесталост у зборницима радова и референтним билтенима.

Библиографија часописа *Пут и саобраћај* је први библиографски попис стручних радова овог часописа, рађен de visu, и обухвата период од 1955. до 2008. године. Библиографија има 2538 библиографских јединица. Урађена је по међународном стандарду ISBD (CP). Прва библиографска јединица је потпун библиографски опис, а све остале скраћен. Библиографска грађа је класификована комбиновано, алфаветски-азбучни поредак по презименима аутора (у одредници) или наслова, и хронолошки – више библиографских јединица једног аутора сређено је по времену излагања од најстаријег датума до најновијег. Уз библиографију урађени су регистри, ауторски и предметни.

Библиографија је показала да часопис *Пут и саобраћај* представља место где се афирмишу и популишу научно-истраживачки и стручни радови најширег круга стручњака. Поред научно-стручног карактера, часопис има и едукативни карактер, да подиже знање инжењерима и техничарима, из свих комплексних области које припадају изградњи и одржавању путева и објеката на путевима. За педесет и осам година издавања часопис *Пут и саобраћај* је оправдао своје постојање.

Периодика представља немерљиво духовно благо, и стога библиографски попис стручних радова и текстова једне серијске публикације, каква је *Пут и саобраћај*, значи допринос науци.

КАТЕГОРИЗАЦИЈА И УЛОГА НАУЧНИХ ЧАСОПИСА

Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије има осамнаест матичних научних одбора, којима је једна од основних активности вредновање научноистраживачких резултата истраживача (научних радника) на територији Републике Србије. Као основ тог вредновања служи "Правилник о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача", који је према одредбама Закона о научноистраживачкој делатности (Службени гласник РС бр.110/05 и 50/06), усвојио Национални савет за научни и технолошки развој 21. марта 2008. године, а који је објављен у Службеном гласнику РС 38/2008. Целокупна научна и стручна продукција истраживача у Србији процењује се према критеријумима датог "Правилника", и то по правилу у оквиру матичних одбора, због тога што су они задужени за вредновање резултата на научноистраживачким пројектима, у оквиру којих се остварује највећи део научноистраживачких резултата.

У оквиру "Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача", дати су критеријуми за одређење категорије научних публикација.

„Научним часописом сматра се периодично гласило посвећено научноистраживачкој проблематици, које издаје реномирани издавач, научно друштво, научне установе у свету и земљи у којем се објављују радови снабдевени научном апаратуром и рецензирани од стране компетентних стручњака са научним звањима. Категорије научних радова у часопису су:

1. оригинални научни рад;
2. монографска студија;
3. прегледни чланак;
4. научна критика, полемика и осврти.

Вредност научног рада одређује се на основу категорије часописа у којем је рад објављен.

Пуни ефективни број поена за рад прихвата се ако нема више од три коаутора (теоријски радови), односно пет коаутора (нумеричке симулације), односно седам коаутора (експериментални радови). Уколико има више аутора од наведеног броја за дату врсту радова, број поена се одређује према правилима важећим за дату научну област која утврђује

надлежни МНО (Матични научни одбор) а верификује МН (Министарство науке). У специфичним случајевима (мултидисциплинарни карактер рада и сл., а уз детаљно образложење коауторског доприноса и неопходности таквог обрачуна), број поена се може вредновати према правилима важећим за поједине научне области која утврђује надлежни МНО, прихвата МН а верификује НС (Национални савет).

Међународни часописи се рангирају (коефицијент М) према ISI публикацијама Journal Citation reports SCI, SSCI (у даљем тексту: ISI листама). У поступку вредновања часописа се могу примењивати и друге ISI листе које прихвата МН за сваку област а верификује НС. У техничким наукама МНО може предложити по један часопис ван ISI листе у категорију М24, за сваку научну дисциплину која је у његовој надлежности. Предлоге МНО прихвата МН, а коначну листу часописа верификује НС. У појединим друштвено-хуманистичким наукама и појединим специфичним дисциплинама чији часописи нису значајније заступљени на ISI листама, МНО могу предложити у категорију М24 додатан број часописа, што прихвата МН а верификује НС.

Промене у једном прихваћеним листама часописа предлаже МНО, прихвата МН а верификује НС.

Наведена категоризација часописа који су ван ISI листа а овим чланом су добили статус М24 важи привремено, до нове одлуке МН, коју верификује НС. Утицајност домаћих часописа утврђује се на основу библиометријске анализе и прелиминарне категоризације коју спроводи МН на основу цитата остварених у међународним цитатним индексима и националном цитатном индексу.¹

Категоризација је следећа:

1. Врхунски међународни часопис (М21)
2. Истакнути међународни часопис (М22)
3. Међународни часопис (М23)
4. Часопис међународног значаја и верификован посебним одлукама (М24)
5. Водећи часопис националног значаја (М51)
6. Часопис националног значаја (М52)
7. Научни часопис (М53)

¹ Правилник о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача. (2005). Службени гласник, 110.

У библиотекарској науци часопис се дефинише као врста серијске публикације са становишта учесталости излажења или са становишта библиотечке обраде. У информационој науци, часопис се посматра као комуникацијски објект у оквиру комуникационих процеса у науци и истраживањима и у односу науке са друштвеним окружењем.

Важно је говорити о комуникацијској функцији часописа а не само о преносу научних информација као основној улози. Сврха научног чланка није у томе да пренесе готова, проверена и непроменљива знања, већ да унутар научне и истраживачке заједнице подстакне размену идеја и комуникацију о одређеном научном и истраживачком проблему.

КАТЕГОРИЗАЦИЈА ЧАСОПИСА ПУТ И САОБРАЋАЈ

Часопис *Пут и саобраћај* спада у категорију научних часописа (М52). Часопис националног значаја јесте научни часопис домаћег издавача који по утицајности у својој дисциплини спада међу првих 50% домаћих часописа и истовремено задовољава захтеве библиометријске анализе и прелиминарне категоризације коју спроводи МН.

Часопис националног значаја предлаже надлежни МНО на основу резултата библиометријске анализе и прелиминарне категоризације домаћих часописа. У ову категорију надлежни МНО може уврстити и часопис иностраног издавача, узевши у обзир статус који тај часопис има у земљи где се издаје. Минимални услов је редовност излажења.

Изузетно, у ову категорију може се уврстити часопис који не задовољава горње услове, ако је ново покренут (до пет година излажења), а процени се да доприноси развоју одређене научне области у земљи.

Разврставање часописа у остале (више) категорије врши се на основу примене свих параметара у одређењу вредности неког часописа, при чему су најзначајнији квалитет радова у том часопису (остварен у дужем временском периоду), састав редакције, научна категорија наведених рецензената, „опрема“ радова (апстракт, кључне речи, резимеи), статус издавача, и значај часописа за развој дате науке. При категоризацији часописа, МНО се руководи и критеријумима из „Акта о уређивању научних часописа“ који је донео министар за науку и технолошки развој Републике Србије.

ЗАКЉУЧАК

Министарство за науку и технолошки развој је подржало израду пројекта Српског цитатног индекса – SCI индекс-а у сарадњи са Народном библиотеком Србије и Центром за евалуацију и образовање у науци – СЕОН-ом. Индекс обухвата библиографске податке, сажетке и цитирану литературу за чланке објављене у домаћим часописима, а који служе за оцењивање продуктивности часописа као и продуктивности самих часописа. Са сајта Народне библиотеке Србије (www.nb.rs) може се видети библиометријска анализа часописа *Пут и саобраћај* који има импакт фатор М52.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Брофи, П. (2005). Библиотека у 21.веку. Београд : Clío
- [2] Вучковић, Ж. (2009). Функција часописа у развоју научне комуникације. Панчевачко читалиште, 15, 2-3
- [3] Министарство за науку и технолошки развој Владе Србије. „Акта о уређивању научних часописа“
Доступно преко: http://www.nauka.gov.rs/cir/images/stories/vesti/09-07-17/akt_o_uredjivanju_casopisa.pdf (02.03.2013)
- [4] Правилник о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача. (2005). Службени гласник, 110.
- [5] Правилник о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача. (2006). Службени гласник, 50.
- [6] Добриловић, Ј. (2009). Библиографија часописа 'Пут и саобраћај' 1955-2008. *Пут и саобраћај*, 56(1), 81-81.
- [7] Добриловић, Ј. (2009). Електронски часописи и категоризација часописа 'Пут и саобраћај'. *Пут и саобраћај*, 56(1), 75-80.
- [8] Добриловић, Ј. (2006). Доступност, извори и начини коришћења научних информација. *Пут и саобраћај*, 53(1), 57-59.

ГЕНЕЗА КЛИЗИШТА НА ДЕСНОЈ ОБАЛИ ДУНАВА КОД НОВОГ САДА

Др Љубомир Рокић, проф емеритус

Прегледни рад

Резиме: Познати теоретски принципи развоја флувијалне ерозије, везани за одређене правилности и закономерности између ерозионих и акумулационих процеса, послужили су за успостављање везе између одређених фаза развоја речног корита и нестабилности природних падинских страна савремених река. На овај начин, покушава се успоставити веза између динамичких фаза развоја ерозионих и акумулационих процеса, с једне и генезе и динамике развоја клизних процеса, са друге стране. Анализа је урађена за случајеве перстративне, констративне и инстративне фазе развоја речног корита, а утврђене законитости послужиле су за објашњење настанка сложених дубоких клизишта, њихове фазне активности, максималне дубине клижења, положаја и карактера клизних дисконинуитета и прогнозе даље активности. Успостављање теоретске законитости проверене су кроз упоредну анализу расположивих података о геолошком саставу, грађи и дебљини алувијалних седимената на левој, и истраживаних клизишта на десној обали река Саве и Дунава.

Кључне речи: генеза клизишта, флувијална ерозија, ерозиони рад матице, кинематика и динамика клизног процеса

ORIGINS OF LANDSLIDE THE DANUBE RIVER NEAR NOVI SAD

Ljubomir Rokić, Professor Emeritus

Review paper

Summary: Well-known theoretical principles of development fluvial erosion associated with certain patterns and regularities between erosion and accumulation processes have been used to establish the link between certain stage of development of the riverbed and the natural slope instability by modern rivers. In this way, trying to establish a connection between the dynamic phase of development of erosion and accumulation processes on the one hand and the genesis and development dinemike sliding process, on the other hand. The analysis was done for cases perstrative, konstrative instrative and development phases of the riverbed, and established principles were used to explain the emergence of complex deep landslides, their activity phase, the maximum depth of sliding, sliding position and character discontinuity and forecasts further action.

Establishing a theoretical principles are tested through a comparative analysis of available data on the geology, structure and thickness of alluvial sediments on the left, and the studied landslides on the right bank of the Sava and Danube rivers.

Keywords: genesis landslides, fluvial erosion, erosive work of nuts, kinematics and dynamics of mechanical processes

1. УВОД

Основна премиса настанка клизишта у овом раду базира се на познатој теорији динамичких фаза у настанку речних корита, која подразумева синхронно одвијање процеса ерозије и акумулације. Посматрајући у временском континуитету, кроз ову анализу долази се до рационалног објашњења настанка клизишта, упознавања природе тих процеса, њихове кинематике и динамике, положаја и карактера клизних зона и прогнозе даљег развоја. Сви добијени резултати проверени су на примеру клизишта "Мост Слободе" у Новом Саду.

2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕРОЗИОНО - АКУМУЛАЦИОНИХ ПРОЦЕСА У РЕЦИ ДУНАВ

Дунав је у недавној геолошкој прошлости до данас стално мењао свој положај у простору а морфогенетски процеси обликовања падина под утицајем тог тренда били су врло интензивни. Полазећи од изнете констатације, постављена је хипотеза о настанку клизишта базирана на теорији динамичких фаза процеса ерозије и акумулације, која подразумева да се постанак и еволуција сваког дела речне долине одвија закономерним редоследом уз истовремени настанак ерозионих морфолошких облика и адекватних акумулационих форми алувијалних фација.

Према Ламакину В.В. (1948,1950-лит-10,11) у свакој речној долини разликују се три основна стадијума развоја:

- **инстративни** - за горње изворишне делове водених токова, где преовлађује неотектонско издизање и наглашена вертикална ерозија;
- **перстративни** - у проширеним деловима доњих и средњих токова река уз истовремену ерозију и акумулацију;
- **констративни** - са акумулацијом на различитим дубинским нивоима пространим алувијалним равнинама. Он настаје при спуштању долинског дна и издизању речног корита, при чему је акумулациони циклус једне фазе погребен новим наслагама друге, уз стално повећање дебљине.

Када се говори о ерозионом раду и премештању положаја корита, суштински значај и улогу има матица реке и њен ерозиони рад на обалским странама и дну. Код нормалног режима отицања, матица реке се увек налази на средини речног тока, услед чега се и ерозиони процеси одвијају знатно успореније. Међутим, ако због засипања дна речног корита наносом на ушћима већих притока или стварањем спрудова од вученог материјала, матица реке промени правац кретања и одбије се ка једној од обала, тада се радикално нарушава природна равнотежа. Ударом на једну обалу матица изврши одређени ерозиони рад и одбија се на супротну где се процес понавља. На месту удара матице о обалу брзина воде у реци је највећа, а на супротној обали је минимална или једнака нули, те се сав ношени или вучени материјал, због губитка транспортне моћи водотока, постепено таложи, дно речног корита се засипа материјалом а обалска линија се повлачи према суседној обали. На тај начин се праволинијско корито постепено претвара у криволинијско. Стварање кривина у водотоку указује и на интензивну попречну циркулацију воде која доводи не само до ерозије обала већ и вучења продуката распадања према супротној обали где се таложе због смањене хоризонталне брзине. У случају временски континуираног рада матице, на једној од обала, без вертикалних осцилација, неотектонског издизања или спуштања терена, депозициони пакет има константну дебљину и евидентан прираштај масе у бочном смислу према делу обале нападнуте ерозијом. На овај начин настаје **перстративни алувијум** равничарских река. Његова сумарна дебљина одређује се као сума највећих дубина реке за време њеног водостаја и висине максималног нивоа поплавног вала. Уколико је терен равничарски тада практично нема никаквих ограничења у погледу стварања криволинијског тока реке, те се процес флувијалне ерозије одвија спонтано све дотле док се читав ток не претвори у сплет меандарских кривина. Ако се међутим, у делу обале нападнуте ерозијом, налази падина тада ће ерозиони процес зависити од бројних фактора као што су: геолошка грађа терена, степен и дубина распаднутости матичног супстрата, положај планарних елемената склопа (слојевитости, фолиације, пукотина и сл.), режима и динамике подземних вода у природној геолошкој конструкцији терена, режима и брзине воде у водотоку и сл. У ножичним деловима падина нападнутих матицом реке треба очекивати процесе нестабилности, док се у истом временском циклусу на наспрамним странама одвија мирна акумулација. Значи, да се између две суседне меандарске кривине на истој обалској страни увек налази стабилан појас обале заштићен алувијалним наносом који спречава директан контакт матице са подножјем падине.

Када се ерозија у водотоку врши у комбинацији са неотектонским спуштањем површине терена и релативним издизањем речног корита, тада се за сваки ерозиони корак или фазу, поред премештања корита реке у хоризонталном правцу, повећава запремина засутог материјала и његова дебљина. Променом дебљине алувијума мења се и његова грађа, јер услед нагомилавања материјала и глобалног неотектонског спуштања долази до бочне миграције самог корита. На тај начин се алувијална тераса постепено разара, а у профилу преовлађује фација корита. Повећана дебљина алувијалних наслага у односу на нормалан профил речног корита одговара укупној величини неотектонског тоњења, а хоризонтални помак корита за исти временски циклус, укупном ефекту ерозионог рада матице реке. Уважавајући ове чињенице лако се може реконструисати морфолошки склоп терена пре почетка ерозионог рада у речном кориту, утврдити карактер и укупна величина и брзина неотектонског кретања и сумарни утицај флувијалне ерозије. Укупна величина неотектонског тоњења, на сл. 3, одговара величини Д, а хоризонтални помак корита добија се као збир ерозионих корака за сваку развојну ерозиону фазу посебно $e = \Delta e_1 + \Delta e_2 + \Delta e_3$. Коса линија која повезује дна старих корита назива се ерозиони праг. Он уствари представља гранични појас између зона ерозије и акумулације у речном току, а подина квартарних алувијалних творевина ерозионој подини.

3. УТИЦАЈ ЕРОЗИОНОГ РАДА РЕКЕ ДУНАВ НА НАСТАНАК КЛИЗИШТА

Десна обала Дунава изграђена је од језерских плитководних седимената плиоценске старости уз доминантну заступљеност лапоровитих глина, алеврита, песковитих глина и пескова. Преко поменутих седимената, као најмлађе творевине, лежи лес. Према литературним подацима (лит. 3, 24, 33) плиоценски полифацијални комплекс одликује се смењивањем литолошких чланова у хоризонталном и вертикалном смислу, материјалном хетерогеношћу, и анизотропношћу, различитим степеном дијагенезе, променљивим и неуједначеним физичко-механичким својствима и различитим степеном распаднутости и испуцалости. У површинским деловима терена, на простору клизишта, неоген је маскиран лесом и растреситим продуктима распадања хетерогеног материјалног састава елувијалног, делувијалног или колувијалног порекла променљиве дебљине.

Да би се што реалније могла сагледати природа ерозионог рада реке Дунава и последице тог процеса, обрађена су три могућа шематска модела реакције терена:

- **Модел А** – ерозиони рад реке Дунава без неотектонске активности.
- **Модел Б** – ерозиони рад реке Дунава у комбинацији са неотектонским тоњењем.
- **Модел Ц** – ерозиони рад реке Дунава у комбинацији са неотектонским издизањем.

Приказане стадијуме развоја клизног процеса на сл. 1, 2 и 3 треба посматрати само као једну слику тренутно заустављеног филма који континуирано траје.

3.1. Модел А

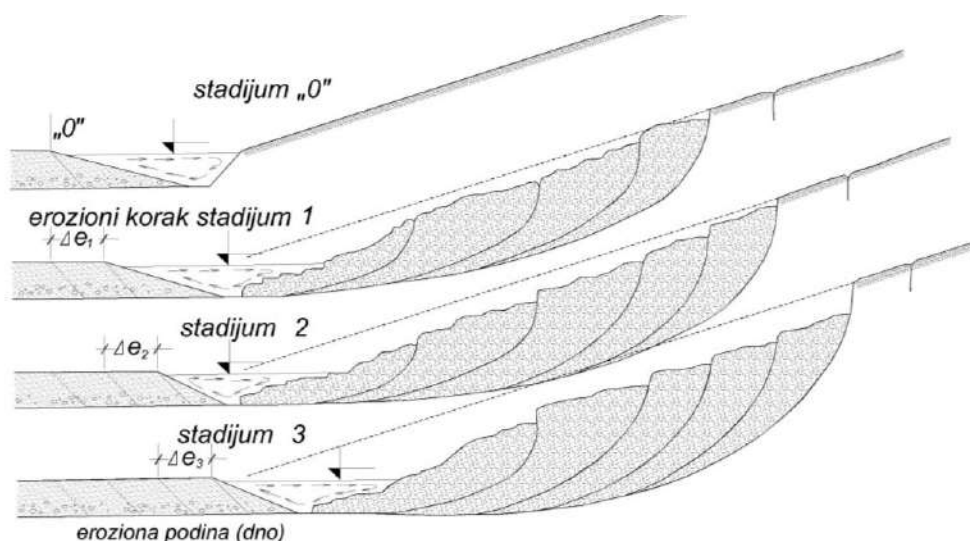
Ерозиони рад реке Дунав без неотектонске активности

Уважавајући изнету грађу природне конструкције терена на десној обали Дунава, у фази стварања меандара, када матица директно напада обалу, у подножју падине јавља се специфичан вид морфогенетског обликовања обалске линије. Наиме, усецањем корита реке у ножичном делу, ремети се природна равнотежа због губитка подинског ослонца што за собом повлачи реакцију падине у циљу поновног успостављања нарушеног стања. У почетним фазама, у кори распадања неогених и квартарних седиментата почиње подлокавање и појава пукотина на падини, а затим блоковско откидање и гравитационо кретање откинутих маса према речном току (сл. 1). Тај процес се сукцесивно шири, од локалног гравитационог базиса према хипсометријски вишим деловима падине, све до успостављања привидне равнотеже. Изазвани покрети клижења могу се одвијати у једном или више нивоа по дубини, а најдубље померање тла у овом случају одвија се у нивоу локалног гравитационог базиса, односно дна речног корита.

Према приказаном начину реакције терена очито је да се овде ради о ножичним манифестацијама клизања. За случај, приказан на слици 1 када се речни ток континуирано усеца, помера у једном правцу, стање стабилности ће се све више погоршавати, што ће у наредном циклусу активности убрзати, не само већ покренуте масе, већ ће се клизиште постепено ширити према вршним деловима падине до локалне вододелнице. Процеси клижења у почетку се одвијају доста бурно и спонтано, а затим услед оплићавања дна корита клизнутом масом и одбијањем матице реке од обале, тај процес се одвија знатно успореније, углавном у виду диференцијално - пластичног течења-пузања тла.

Када матица због новонасталога стања и наметнуте попречне циркулације воде, „очисти“ нагомилане масе у кориту, и поново се приближи самој обали, почиње наредни клизни циклус уз значајније померање земљаних маса дуж постојећих или новоформираних клизних равни. На слици 1, дат је шематски приказ померања корита реке и прогресиван развој процеса клижења, уз постепено ублажавање природног нагиба падина. За сваки наредни циклус клизне активности је битно, да се покрети одвијају са ножичним смицањем и да клизишта повећавају своју површину, укупну запремину и дубину клижења.

Реакција супротне обале за исти ерозиони циклус је далеко једноставнија. Наиме, на супротној обали се одвијају акумулациони процеси, са константном дебљином алувијалних седимената фације корита перстративног типа, и постепено повећање запремине зависно од брзине премештања корита.



Слика 1. Развој клизног процеса зависно од хоризонталног премештања речног корита

3.2. Модел Б

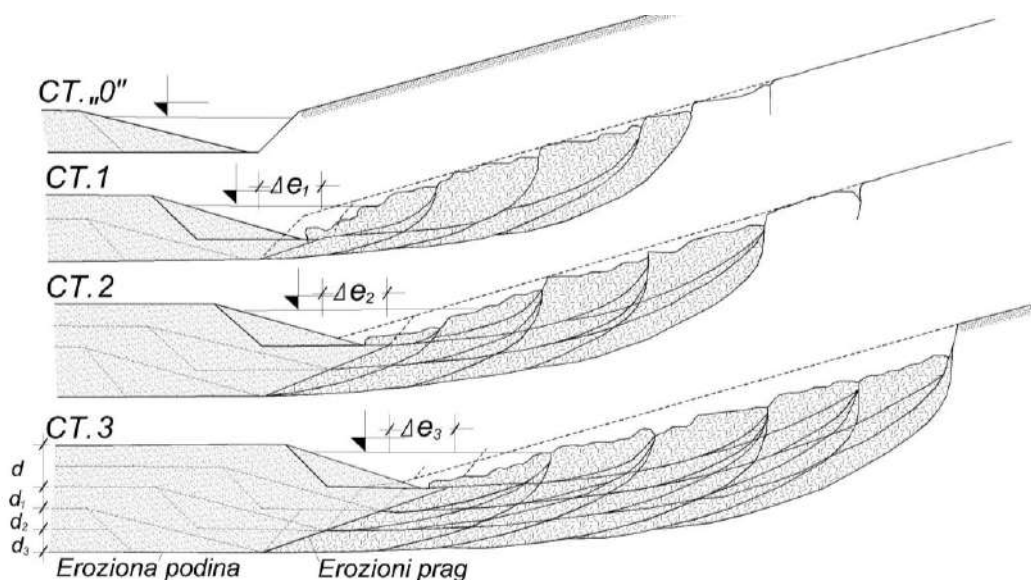
Ерозиони рад реке Дунав у комбинацији са неотектонским спуштањем

Механизам настанка клизишта у условима комбинованог садејства ерозионог рада матице реке и неотектонског тоњења и издизања корита реке, знатно је компликованији. У почетној фази поред хоризонталног подсецања подножја падине почиње и лагано тоњење, што се као и у претходном случају неповољно одражава на стабилност терена у ножичном делу (сл. 2). Клизни процес се активира у нивоу локалног гравитационог базиса у виду откидања мањих блокова, шкољкања, појавама пукотина на затезање и клизања откинутих маса према речном кориту Дунава. Даље се овај процес спонтано шири према вишим деловима падине све до успостављања локалне равнотеже. Покрети у тлу су класичног гравитационог типа са ножичним смицањем, одвијају се у континуитету кроз дужи временски период, а њихова брзина и фазна активност зависни су од брзине неотектонског тоњења и динамичког режима у самом водотоку.

На слици 2, шематски су приказана три стадијума реакције природне падине који могу коректно да илустрирају развојни ток процеса клижења у поменутих условима. Дакле у стадијуму 1, због тоњења терена и издизања корита реке, првобитно корито тоне, а на падинама се истовремено одвијају бурни процеси клижења директно изазвани матицом реке. Новоформирани гравитациони базис, у односу на „0“ стање сада је

виши, па се и граничне, критичне зоне клизања по дубини, премештају на ниво новоуспостављеног дна речног корита. То значи да у овом стадијуму долази до сложенијих манифестација клижења блоковског типа уз изражено транслаторно померање и истовремену ротацију блокова, дуж новоформиране клизне равни.

У II и III стадијуму понавља се исти механизам покрета чије се последице рефлектују високо на падини у виду наглашених промена првобитног рељефа. Настаје типска клизна морфологија са појавама инверсног рељефа, видљивим денивелацијама у подужном нагибу падина, клизним чеоним отсесима и терасираним клизним заравнима, појавама забаривања и сл. Процес се одвија стихијски, али ипак уз одређену закономерност зависно од достигнутог стадијума развоја речног корита и укупне амплитуде неотектонског тоњења. То практично значи да се у сваком наредном циклусу новоформирана клизна раван или зона налази изнад претходне и да према општем стању природне конструкције терена не постоје услови за настанак подножичног слома. Старе клизне површине стадијума I и II, леже једна изнад друге. Међусобно су паралелне, субхоризонталног до хоризонталног су пружања или благо нагнуте према реци Дунав и налазе се испод садашњег дна корита реке. Уместо јасно препарисане клизне површине, у најдубљој зони клизања сваког од приказаних стадијума, могу бити присутне зоне клизања дебљине 1,5 - 2,0 m јер је за постојећи режим функционисања система немогуће увек јасно дефинисати фазну активност.



Слика 2. Развој клизног процеса зависно од неотектонског спуштања и ерозионог рада матице реке

Битно је нагласити да се премештањем клизних површина у плиће нивое мења режим и брзина клижења земљаних маса. Највећи покрети одвијаће се унутар и дуж најмлађе формиране клизне равни, док ће у дубљим „напуштеним“

клизним равнима, под утицајем активне мобилне масе доћи само до диференцијално - пластичног течења - пузања тла. Величина овог пузања се значајно смањује и потпуно гаси са порастом дубине.

На основу изнетог може се закључити да су клизне површине испод дна корита, условно речено “безопасне”, у погледу даљег развоја клизног процеса и да не постоје никакви предуслови да се оне у виду подножичних равни смицања активирају и јаве у кориту Дунава. Истина, такви случајеви су могући само стварањем вештачких баласта у копненом делу ножице, што би за последицу могло имати генерисање нових дубљих клизних равни са подножичним сломом.

На слици 2. се види да активне процесе клижења на десној, прати мирна акумулација алувијалног наноса, на левој обали, уз постепено померање депозиционог пакета према супротној обали. Приказано стање развоја клизног процеса, стадијума III еквивалентан је укупној дебљини квартарних алувијалних седимената. Алувијалне наслаге на левој обали држе у равнотежи део профила испод коте дна савременог корита, па је и то један од разлога премештања активне зоне клизања у ниво актуелног гравитационог базиса. Може се грубо рећи да те наслаге представљају контрабаласт у ножици који се супротставља покретима по дубини. Приказани ерозиони циклус

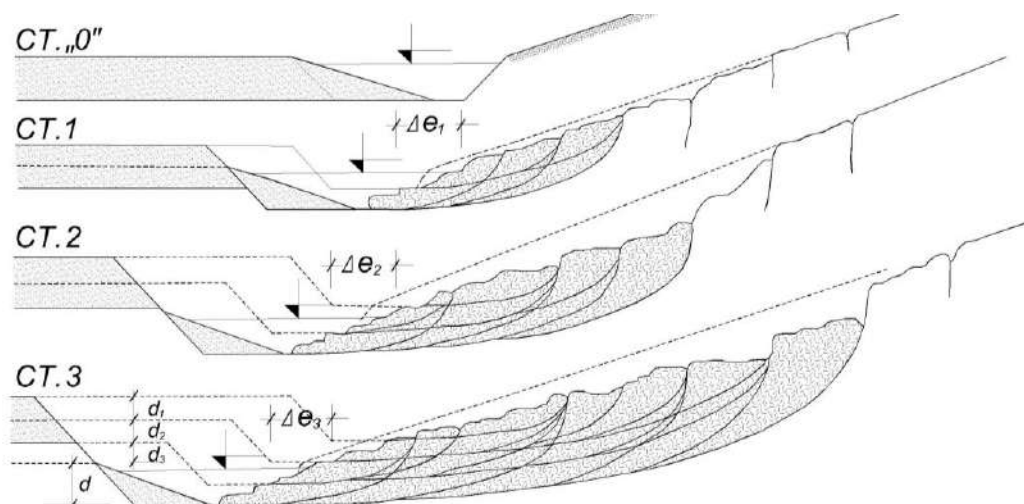
са сложеним манифестацијама клижења на десној и повећаном дебљином алувијалних наноса на левој обали одговара констративној динамичкој фази развоја речног тока.

3.3. Модел Ц

Ерозиони рад реке Дунав у комбинацији са неотектонским издизањем

Трећи модел реакције природне падине, представља комбинацију ерозионог рада речног тока и неотектонског издизања терена, односно спуштања дна корита. Механизам усецања и проширивања корита реке и у овом случају је исти само што се гравитациони базис због дизања терена, постепено спушта (сл. 3).

У иницијалној фази започиње прилагођавање падине новонасталом стању, односно почиње процес клизања од ерозионог базиса према вишим деловима падине. Као и у претходном случају, он се манифестује у откидању, обрушавању и клизању површинских и дубљих делова природне конструкције терена са искључиво ножичним карактером смицања.



Слика 3. Развој клизног процеса зависно од неотектонског издизања и ерозионог рада метице реке

Пошто је због издизања терена речно корито спуштено у односу на „0“ стање, клизна равна ће се постепено премештати у ниво новоформираног гравитационог базиса, значи дубље у односу на претходно стање. Идентична процедура поновиће се и у наредним фазама уз сложеније манифестације клизања, у неколико ниова по дубини покренутог клизног тела. На сл. 3., приказана је сукцесија развоја клизишта од „0“ стања до стадијума III, где се запажа, да ће на крају једног комплетног циклуса, у оквиру формираног клизишта постојати неколико хоризоната, зона или равни клизања од којих сваки одговара, одређеном стадијуму развоја речног корита зависно од брзине и укупне вредности неотектонског издизања.

Значи, за разлику од неотектонског спуштања када се клизне равни, зависно од стадијума развоја премештају на више, овде због издизања терена и спуштања дна корита, клизне равни се премештају на ниже.

На супротној обали за разлику од модела Б, врши се редуција квартарног алувијалног покрова или његово потпуно еродовање и стварање дубоких ерозионих засека. Исто тако стара речна корита стадијума „0“, I и II делимично или потпуно се уништавају и засипају земљаним масама формираних клизишта. Укупна амплитуда неотектонског издизања може се одредити као висинска разлика између највише речне терасе и савременог корита.

Према природи процеса, модел Ц, спада у категорију инстративног динамичког стадијума развоја речног тока. У разматраном простору овај случај се може јавити само у оним деловима тока где поједини структурни блокови имају тенденцију издизања. Брзина померања клизног тела, као и периоди повећане или смањене активности унутар формираног клизишта у директној су зависности од количине клизањем покренутих и нагомиланих земљаних маса у ножици испод површине воде, на дну Дунава, и расположиве кинетичке енергије речне воде, способне да „очисти“ дно од тих маса. У почетном стадијуму када матица реке директно напада једну од обала, однос између ерозионог рада и акумулације на протицајном профилу је уравнотежен. То значи, да ће у зони дејства матице долазити до дефицита, а у зони акумулације суфицита маса. Поткопавањем и подлокавањем обале у делу нападнуте падине почиње откидање и одроњавање материјала на падини и његово депоновање у речном кориту уз истовремено активирање клижења у ножици. Нагомилане масе у подножју падине, унутар корита привремено успоравају ерозионе процесе јер је матица реке „одгурнута“ од обале. Даљим развојем клизног процеса, у ножичном делу се нагомилavaju све веће количине клизног тела, дно у обалном делу оплићава, а вода у реци има занемарљиву улогу као ерозионог агенса јер се матица реке одбија према средини водотока. Завршетком ове фазе треба очекивати стадијум смиривања клизног процеса, па чак и таложење суспендованог и вученог наноса у обалском подручју. Време мировања трајаће све дотле док се матица реке поново не приближи обали, односно не однесе већи део клизнутог материјала из корита. Када се то деси почиње нови клизни циклус, у почетку са радикалним померањима тла у обалском подручју, а затим са постепеним смиривањем покрета по дубини и површини терена. Из досадашњих опсервација може се закључити да је ерозиони рад матице реке главни узрочник настанка клизишта, њихове просторно-временске еволуције и режима и динамике активности. Тај процес може се одвијати у садејству са неотектонском активношћу (констративна или инстративна фаза), али исто тако и без ње (перстративна фаза), што је врло значајно у односу на неке досадашње ставове и мишљења.

4. ПРОВЕРА ХИПОТЕЗЕ НА ПРИМЕРУ КЛИЗИШТА “МОСТ СЛОБОДЕ“ У НОВОМ САДУ

Клизиште “Мост Слободе” налази се на десној обали реке Дунава, низводно од Сремске Каменице, у ширем окружењу око поменутог моста. Преко средине клизишта прелази мост који

спаја сремску са бачком страном, односно стари део Новог Сада са Мишелуком.

Падински део терена на десној обали између корита реке Дунава и лесног платоа, на коти 106 - 120 m. н.в. има сложену морфопластику, карактеристичну за типичне клизне рејоне. Одликује се променљивим подужним нагибом са честим скоковитим прелазима, видљивим лучно засвођеним отсецима, трбушастим испупчењима, овалним удубљењима, инверсним облицима рељефа са контра нагибима, појавама забаривања и сл. Просечан нагиб падине у том делу креће се од 4 - 5° ретко 8°.

Дунав представља главни водоток. У недавној геолошкој прошлости, он је стално мењао свој просторни положај а његово првобитно корито налазило око 20 km северније од Новог Сада. На ово указује и низ фосилних меандарских лукова који су се постепено премештали од севера према југу. Разматрана локација клизишта налази се у делу терена где матица у директном контакту са обалом врши значајан ерозиони рад.

Клизиште је формирано на падини, од самог корита реке Дунава до лесног платоа Мишелук. Дужина појаве је 400 m, ширина 300 m, кота чела је на 95 - 106 m. н.в., кота ножице на 65-70 m н.в., а висинска разлика између чела и ножице износи 30 - 36 m. Просечан нагиб терена унутар формираног клизног тела креће се од 4 - 5°. Истраживањима је утврђено неколико клизних зона по дубини и најдубља зона могућих покрета (лит. 3, 24, 33 и 34). Геодетским оскултацијама стубова моста (стубови 17-22) утврђено је, да се они померају у правцу Дунава, годишње просечно 5 - 35 mm. (просек за период од 12 година). Највећи покрети по дубини утврђени инклинометарским мерењем налазе се на 26,0 - 35,0 m, од површине терена (кота 56 - 60 m). У овој зони активних покрета кумулативни помак клизног тела износи 9 -12,0 mm (за 4 године). Према постојећим подацима, ножица клизишта је подножичног типа и налази се око 100 - 150 m. удаљена од обале, у реци Дунав.

4.1. Резултати померања

Провера хипотезе о настанку клизишта на десној обали Дунава извршена је кроз коментар резултата досадашњих истраживања на клизишту “Мост Слободе” код Новог Сада, и оцену у којој мери се они уклапају у дате теоретске оквири.

Тренутно највеће дилеме код поменутог клизишта су: да ли се испод дна корита реке налазе дубоке клизне површине са подножичним манифестацијама клижења, да ли се услед тога дно Дунава издиже и где је граница ножице клизишта у кориту Дунава.

Према природи ерозионог процеса и приказаног механизма реакције природне падине, очигледно је да се процес клижења развија од гравитационог базиса према хипсометријски вишим деловима падине и то увек са манифестацијама ножичног смицања. Максимална дубина клижења у том случају мора одговарати коти подине кварталних алувијалних седимената на левој обали Дунава. На основу резултата истражног бушења у самом кориту реке, утврђено је, да од рени бунара RB-III, на левој обали, дуж ехосондарског профила управног на ток реке, на дужини 257,0m, према десној обали, у грађи дна учествују песковито-шљунковити седименти фације корита, уједначене дебљине, чија се подина налази на коти 60,61- 62,2 m н.в. Максимална дубина клижења на десној обали налази се на коти 55,6m н.в. (BI-6) - 60,2m н.в. (BI-2) на инклинометарском профилу 1 (IP-Г), односно 56,6-65,5m н.в., на IP-2. Разлика између коте подине квартара на левој и максималне дубине клижења на десној обали, од 0,41 - 4,79 m налази се у границама теоретске толеранције. У вези с тим сигурно се може закључити, да се корито реке Дунава налази у перстративној динамичкој фази развоја. За само клизиште то значи, да се максимална дубина клижења мора налазити у нивоу подине седимената фације корита (сл. 4). Потопљени део ножице, изнад критичне клизне површине, који сада представља дно реке, у ствари је клизно тело које је клижењем смакнуто у водоток, прекрило и маскирало природно дно и одгурнуло матицу реке од обале према средини корита. Истанчавање дебљине клизног тела у том потопљеном делу настало је радом матице реке у фази продубљавања корита и попречним струјањем воде. На основу просечне вредности брзине воде може се закључити да је ерозија дна врло изражена, и да је ножица клизишта у ширини појаса, 50m, и на удаљености 100-150m, од обале, скоро потпуно однета.

Граница ножице клизишта у Дунаву, за сада је још увек недефинисана. Према постојећим подацима сигурно је констатовано, да се у бушотини B-8, удаљеној 85 m, од десне обале у самој реци, испод дна садашњег корита налазе деградирани и поремећени материјали горњег плиоцена, а испод њега ослабљена зона истих седимената. На истом инжењерскогеолошком профилу у бушотини, S-16 удаљеној око 140m, од B-8 према левој обали, утврђени су шљунковити пескови фације корита. Према овим подацима следи да се тзв. **ерозиони праг** као граница између ерозионе и акумулационе зоне налази на удаљености око 110-130m од десне обале у кориту реке. У том дијапазону треба да се налази граница ножице клизишта. Граница између ерозионе и акумулационе зоне представља, у ствари ерозиони праг. односно "нулту" обалску линију десне падинске стране Дунава одакле је почело њено уназадно померање према југу. Од момента формирања клизишта и у току

константног подужног померања корита Дунава према југу укупно померање обалске линије износило је 120 - 130 m. Дилему да ли се испод корита Дунава налази још једна или више дубоких зона клижења са подножичним смицањем за сада треба одбацити из два разлога. Први разлог је тај што инклинометарским мерењем, те дубоке клизне површине нису констатоване. Други разлог је, што према изнетој хипотези, присуство дубоких клизних површина испод гравитационог базиса мора да буде компензовано адекватном дебљином алувијалних седимената фације корита, односно неотектонским тоњењем терена и релативним издизањем дна корита реке. Преведено на стање на терену, то значи да испод констатованог ерозионог базиса, на коти 55,62 m н.в., односно 60,61 m н.в., на десној обали не могу постојати клизне површине.

Активност клизног процеса оцењена је на основу седам уграђених инклинометарских сонди лоцираних на два карактеристична профила, односно 13 извршених мерења у периоду од сса 3,5 године. Према овим подацима утврђено је да се покрети у тлу одвијају генерално у два засебна хоризонта. У **првом хоризонту- активної зони клижења**, покрети се у релативним односима, дешавају на различитим нивоима по дубини: 3,5 - 7,0 - 16,0 m (BI-1); 17,5 m (BI-5); 25 - 28,50 (BI-3, BI-4 и BI-6) и 34,5 m. (BI-2). Међутим, коте најдубље активне (критичне) клизне површине у апсолутним вредностима крећу се у распону 55,62 - 60,20 m, на инклинометарском профилу 1 (IP-1), до 56,58 - 65,50 m (IP-2). Укупан кумулативан помак за 3,5 године износи 9 - 15 mm. Други хоризонт - **зона пузања тла** позицијски је смештена испод активне зоне клижења и дна корита реке, са укупним кумулативним помацима у тлу од 3 - 4 mm, за исти временски период. У контактної зони са зоном клижења, као реакција тла на покрете из активне зоне, диференцијално - пластично течење - пузање тла, има нешто веће вредности (2 - 4 mm), а затим се оно са порастом дубине постепено губи. Зона пузања протеже се по дубини до кота 55,62 - 60,0 m н.в., укупне дебљине 37,0 - 48,0 m. Испод зоне пузања налази се **стабилан терен** без икаквих регистрованих покрета (сл. 4).

Клизни процес, како је то раније наглашено, одвија се спонтано од гравитационог базиса према вишим деловима терена, дуж јединствене критичне клизне површине, транслаторним померањем три независна клизна блока. Изнад главне критичне клизне површине, у клизном телу се одвијају плићи покрети земљаних маса мањих размера. С обзиром на квалитативно - квантитативна својства природне геолошке конструкције, код клизишта „Мост Слободе“ не треба очекивати неке радикалније покрете, да клизно тело као јединствена маса клизне у Дунав, већ само диференцијално-пластично течење тла.

Поред наведених узрока настанка, на активност клизишта значајно утичу подземне воде из „Сремске серије“ непосредног залеђа и оборинске воде које се релативно брзо инфилтрационо процеђују у подземље између блокова 1-2 и 2-3, где директно прихрањују клизну раван активне зоне клижења. Поред тога блок 2, у моменту одношења материјала у потопљеном делу ножице, понаша се као „клин“ који транслаторно потискује клизно тело према реци Дунав.

Прорачуном стабилности клизног тела на сл. 4., сигурно је, да ће се по свим геотехничким параметрима, добити да је оно стабилно. То је тачно када се стабилност аналитички третира познатим и прихваћеним методама и поступцима прорачуна итерацијом геотехничких параметара за различите услове док се не добије логично решење. Суштина прорачуна стабилности за дунавска клизишта, методолошки се мора разликовати од досадашњих конвенционалних метода, истовременом мултипараметарском симулацијом ерозионог рада реке Дунава, геотехничких параметара у клизишту, утицаја подземних вода и осциловања водостаја у кориту реке. На данашњем нивоу развоја рачунарске технике овај проблем је објективно могуће решити.

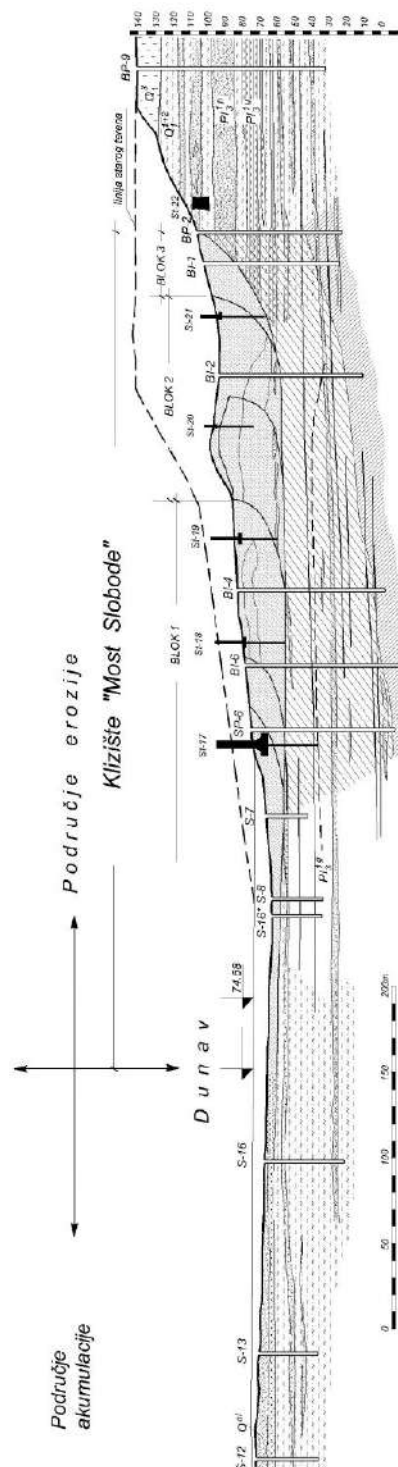
5. ЗАКЉУЧАК

На основу изнетих ставова и констатација могу се извести следећи закључци:

- Геолошка грађа терена према свом лито/фацијалном саставу, структурно-текстурним карактеристикама, степену дијагенезе и квалитативно - квантитативним својствима неогених седимената, представља повољну средину за развој егзогено-геолошких процеса и појава.
- Главни узрок настанка клизишта „Мост Слободе“ и дунавских клизишта око Н. Сада је ерозиони рад реке Дунава. Клизисте је према времену настанка, старо, дубоко до врло дубоко, са манифестацијама покрета у виду транслаторног померања откинутих блокова, ножичним смицањем и потопљеном ножицом у кориту Дунава.
- Унутар формираног клизишта, активност клизног процеса везана је за подземне воде из виших делова падине, односно из песковито-шљунковитих наслага „Сремске серије“, из залеђа и плиоценских седимената у и изван клизног тела. На режим подземних вода утичу и оборинске воде које својом гравитационом инфилтрацијом са површине терена, у домену стуба С-21, директно прихрањују клизну површину.
- Санација клизишта може се постићи захватањем подземних вода дренажним конструкцијама и

израдом одговарајуће обалоутврдне грађевине за неутралисање ерозионог рада реке Дунав.

- Код прорачуна стабилности дунавских клизишта, клижење се мора третирати као временски дуготрајан континуирани процес, односно кроз истовремену симулацију ерозије у кориту, денивелације водостаја, физичко-механичких својстава стенског масива и подземних вода.



Слика 4. Инжењерскогеолошки пресек клизишта „Мост Слободе“, на десној обали Дунава код Новог Сада

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Букуров Б. (1951): Геоморфолошке црте новосадске околине, Научни зборник Матице Српске, Серија природних наука, књига 1, Нови Сад.
- [2] Букуров Б. (1953): Геоморфолошки приказ Војводине, Научни зборник Матице Српске, Серија природних наука, књига 4, Нови Сад.
- [3] Васић М., Саковић С., Локин П., Јаблановић Р. (1995) Резултати мерења на инклинометру-клизиште „Мост Слободе“ у Новом Саду, II Симпозијум „Истраживање и санација клизишта“, п.353-362, Доњи Милановац.
- [4] Јовановић П. С. (1955) Урвине у околини Београда, Гласник Српског географског друштва, св. XXXIV, бр. 2, Београд
- [5] Лазаревић Р. (1975) Геоморфологија, Београд
- [6] Ламакин В. В. (1948) Динамическије фази речник долине и алувијалних отложенија, Землевед, т. 2 (42), Москва
- [7] Ламакин В. В. (1950) О динамическој класификацији речних отложенија, Землевед, т. 2 (42), Москва
- [8] Lokin P., Sunarić D., Cvetković T. (1988) Landslide in neogene sediments on the right Danube bank, Yugoslavia, Fifth international symposium on landslide, Lausanne
- [9] Луковић М. (1951) Важнији типови наших клизишта и могућности њиховог зонирања, Геолошки весник Савезне управе за геолошка истраживања, књига IX, Бгд
- [10] Миловановић Б., Ћирић Б. (1968) Геолошка карта СР Србије, лист Сремска Митровица – Београд, 1:200000, Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд
- [11] Шанцер Е. В. (1951) Алувијалних равнина рек умереног појаса и његово значење дља познања закономерности стројења и формирања алувијалних свита, Труды Института Геологических наук, АН СССР, Вип. 135, Москва
- [12] Шанцер Е. В. (1961) Типи алувијалних отложенија, I Конгрес, доклад Совет. геол., одељниј; отиск, Москва
- [13] Пројекат допунских истражних радова за клизиште „Мост Слободе“, Нови Сад, Грађевински институт, Загреб, 1991.
- [14] Елаборат допунских геотехничких истраживања клизишта „Мост Слободе“ у Новом Саду, Хидрозавод ДТД, Нови Сад, 1993.

IN MEMORIAM

dr Ljubomir – Petar – Rokić, Prof. emeritus (1938 – 2012)



U subotu 22. decembra 2012. godine, ovozemaljski život napustio je Prof. dr **Ljubomir Rokić**, u porodici, kod prijatelja i kolega zvani **Ljuba**, jedan od vrlo značajnih geoloških inženjera (uža specijalnost inženjerska geologija i geotehnika) u drugoj polovini XX, i početkom XXI veka na prostoru Srbije, odnosno bivše SFR Jugoslavije.

Životni put **Ljubomira Rokića**, tipičan je za jedno vreme i mnoge živote u tom vremenu. Rođen je u Sremskoj Mitrovici 28.07. 1938. godine. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Sremskoj Mitrovici, a Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu. Nakon odlaska vojnog roka, 1964.g. zaposlio se u Sarajevu, u Zavodu za inženjersku geologiju i hidrogeologiju Građevinskog fakulteta, gde je radio na fundamentalnim geološkim, inženjersko-geološkim i geotehničkim istraživanjima za potrebe izgradnje raznovrsnih građevinskih objekata: hidroenergetskih, vodoprivrednih, posebno putnih i železničkih saobraćajnica, a zatim za potrebe prostornog i urbanog planiranja, te istraživanja i sanacije klizišta.

Uporedo sa stručnom aktivnošću posvetio se naučno – nastavnom radu na Građevinskom fakultetu u Sarajevu, gde je 1970. god. izabran za asistenta na geološkim predmetima, a nakon odbrane doktorske disertacije u Zagrebu, 1978. godine izabran je za docenta, a kasnije za vanrednog, tj. redovnog profesora na predmetima "Geologija", "Inženjerska geologija" i "Inženjerska geologija i hidrogeologija". Pored Sarajeva povremeno je držao nastavu na Rudarsko – geološkom fakultetu u Tuzli, na redovnim i postdiplomskim studijama iz predmeta "Inženjerska geologija" i "Inženjersko-geološko projektovanje".

1981. godine prelazi u Zavod za geotehniku i fundiranje Građevinskog fakulteta u Sarajevu, a 1991.godine u Zavod za vodoprivredu BiH. Ratne godine proveo je u Sarajevu, a 1995., nakon izlaska iz Sarajeva, **zaposlio se u Institutu za puteve u Beogradu**, gde ostaje do 1999. god., kada se iz porodičnih razloga, ponovo vraća u Sarajevo.

Dolaskom u Beograd, 1995. god. pored rada u Institutu za puteve na inženjersko-geološkoj i geotehničkoj problematici za potrebe puteva, **izabran je za profesora Građevinskog fakulteta u Beogradu, na redovnim studijama iz predmeta "Osnove geologije" i "Inženjerska geologija"**.

Po povratku u Sarajevo, ponovo zasniva radni odnos u Zavodu za geotehniku i fundiranje Građevinskog fakulteta u Sarajevu, odakle 2006.g. odlazi u penziju.

U toku svoje stručne i naučne aktivnosti objavio je jednu knjigu, četiri monografije, preko 110 naučnih i stručnih radova u zemlji ili inostranstvu, 30 studijskih projekata, istraživanja za preko 300 klizišta na teritoriji Srbije i Bosne i Hercegovine, i preko 600 stručnih elaborata, za različite objekte, radi definisanja njihovih uslova projektovanja i izgradnje. Zatim je učestvovao u brojnim analizama i ekspertizama, kao i radu više strukovnih i naučnih asocijacija i udruženja, kako na prostoru bivše SFRJ, tako i na međunarodnom nivou. Značajan deo tih radova i njegovih drugih ostvarenja, kao i brojne knjige, preko 500 primeraka publikacija i brošura, koje se odnose na šire stručne oblasti kojima se **Ljuba** bavio, a koje su namenjene kao poklon za korišćenje i edukaciju, budućih stručnih pokolenja, posebno mladih – **nalaze se** u arhivi stručne i naučne dokumentacije, odnosno u **Biblioteci** Instituta za puteve AD Beograd.

Ovo kratko nabranje je, u stvari, **prikaz impresivnog Ljubinog radnog i životnog puta**, a rezultat tog rada, **bio je veoma značajan trag u nauci i struci**, tj. značajan i vredan doprinos teoriji i praksi istraživačkog rada za potrebe graditeljstva. Zato je njegovo delo ostavilo prepoznatljiv trag u našoj memoriji i inženjerskoj praksi, odnosno opštoj kulturi. Iz Ljubine bogate naučne i stručne aktivnosti, kao autora i koautora, posebnu pažnju zaslužuju njegovi stručno-naučni radovi, koji se odnose na rešavanje geološko – geotehničke problematike za potrebe putne i druge saobraćajne infrastrukture. Ovom prilikom, iz mnoštva radova, koji su ostavili traga u razvoju geotehničke struke u Srbiji, izdajamo samo jedan.

Po odlasku u penziju **Ljuba** je i dalje u stručnom smislu bio aktivan. Praktično, sve do svoje smrti interesovao se, pomagao mladim kolegama i radio na aktuelnim problemima iz primenjene geologije.

Za njega se slobodno može reći da ljudski život vredi, samo onoliko koliko vrede ostvarenja i rezultati tog života. Inače, Prof. dr **Ljubomir Rokić** je imao naporan i radan život, kao i sreću da u tom životu ostvari, daleko nadprosečne vredne rezultate. Zahvaljujući tome, **Ljubomir Rokić**, je bio jedan od vrlo značajnih inženjera Srbije i bivše SFRJ, i ostaoće u trajnom sećanju, svih onih koji su imali čast i zadovoljstvo da rade i sarađuju sa njim. Za svoj rad je dobio brojna stručna i društvena priznanja.

Mr Vladeta Vujanić, dipl.inž.geol.

KALENDAR SKUPOVA

Domaći i iz regiona stručni skupovi:

"PRVI SRPSKI KONGRES O PUTEVIMA "

April/Maj 2014. SDP "VIA-VITA"

O mestu i tačnom datumu informišite se preko www.via-vita.org.rs/

Stručni skup "Zakonska regulativa i standardi u putogradnji "

Maj 2013. SDP "VIA-VITA"

O mestu i tačnom datumu informišite se preko www.via-vita.org.rs/

Godišnja skupština Srpskog društva za puteve VIA-VITA

Maj 2013. SDP "VIA-VITA"

O mestu i tačnom datumu informišite se preko www.via-vita.org.rs/

"Novi horizonti saobraćaja i komunikacija 2013", Doboj, 22. i 23.

Novembar, 2013.godine, www.novihorizonti.rs.ba

Internacionalni skupovi:

IRF World Meeting 2013

Riyadh, Saudi Arabia, 09 November 2013 - 13 November 2013

<http://www.irfnet.org/>

20th International Symposium on Transportation and Traffic Theory (ISTTT)

Noordwijk, The Netherlands 17 - 19, 07.2013. www.isttt20.org

XIVth International Winter Road Congress

Andorra la Vella, 4-7 February 2014, <http://www.piarc.org>

ITA-AITES World tunnel congress

Geneva, Switzerland, May 31 - June 07 2013. www.wtc2013.ch

International Highway Technology Summit

Beijing, China, 16 April 2013. - 18 April 2013.

www.gclt.chinahighway.com

7th IRU Euro-Asian Road Transport Conference

June 12-13, 2013

Amman (Jordan) <http://www.iru.org>

AASHTO Annual Meeting

Denver CO, USA, 16 October 2013 - 21 October 2013

www.aashto.org

FIDIC Centenary Conference

Barcelona, Spain, 15 September 2013 - 18 September 2013

www.fidic.org/node/970

Asecap Annual Study & Information Days

Dubrovnik, Croatia, 26 May 2013 - 28 May 2013, www.asecap.com

19th International Conference on Urban Transport and the Environment

Kos, Greece, 29 May 2013 - 31 May 2013, www.wessex.ac.uk

The 13th World Conference on Transportation Research

Rio de Janeiro, Brazil, 15 July 2013 - 18 July 2013,

www2.wctr2013rio.com

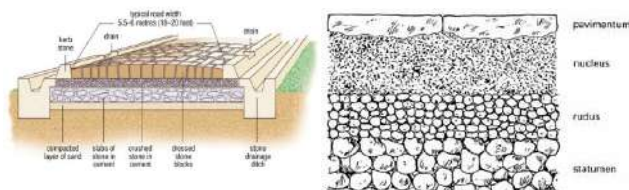
5th Transport Research Arena TRA2014 Transport Research Arena 2014

Paris-la-Defense, France, 14 April 2014 - 17 April 2014

www.tra2014.sciencesconf.org

IZ ISTORIJE PUTARSTVA

Kolovozna struktura rimskih puteva



Slojevi rimskog puta

Rimski drumovi su bili sagrađeni da budu izdržljivi u svim klimatskim uslovima i da u svako doba omoguće sigurnu komunikaciju legionarima u maršu i brzim glasnici na konju, taljigama i kolima. Sastojali su se od dva dela različitog sastava, tj. od osnove i površinskog segmenta. Širina puta određivana je kopanjem dva paralelna jarka, a zatim je prostor između njih pražnjen sve do čvrste podloge, tj. zdravice. Potom su formirani nasipi različitih debljina, koji su omogućavali drenažu kolovoza. Takav sistem drenaže bio je od presudne važnosti za održavanje kompaktnosti i čvrstine puta, ma kakva bila struktura tla. Te nasipe ispod kolovoza Rimljani su nazivali terminom ager (Agger, lat.). Ageri su se razlikovali prema širini i visini. Ponekad se radilo samo o zemljanom nasipu, a na nekim mestima pažljivo su izgrađeni od slojeva kamena i drugog materijala. Kod manje važnih puteva nije bilo agera i put je bio postavljan direktno na izravnato tlo. Ager je predstavljao osnovu puta i sastojao se od četiri sloja, koji su se redom nizali preko zdravice: 1 je podloga odnosno posteljica puta (u zavisnosti od vrste terena), 2 statum, 3 rudus, 4 nucleus i 5 summum dorsum (odnosno, pavimentum)

Osnovi sloj, statum, debljine 30-60 cm, bio je načinjen od ulomaka i više redova posebno složenog pločastog i oblog kamena, dobro zalivenog malterom. U nekim slučajevima sastojao se samo od više slojeva dobro nabijene gline.

Nakon izvođenja čvrste osnove puta, pristupalo se postavljanju dva srednja sloja, rudusa i nukleusa.

Rudus, debljine od 25cm, često je imao izgled betona sačinjenog od redova dobro nabijenog šljunka, lomljenog kamena, katkad i fragmenata opeke.

Nukleus, debljine 30-50cm, je fini rimski beton od slojeva peska i krečnog maltera. Poznato je da se nukleus ponekad sastojao samo od finog peska. Srednji sloj bio je uvek pažljivo građen od finijih i dobro obrađenih materijala. Kod sačuvanih segmenata rimskih puteva uočava se da je nasipanje iznad statuma činjeno u više uzastopnih slojeva, koji se u poprečnom preseku vide kao slojevi šljunka i drugog materijala.

Površinski stratum, odnosno kolovoz (summum dorsum), razlikovao se od puta do puta i često je bio ograničen kamenim ivičnjacima sa obe strane. Zastiran je šljunkom, mada rimski putevi nisu uvek bili pokriveni, pogotovo na težim deonicama. Mali komadi kremenja ili lomljenog kamena neke druge vrste takođe su korišćeni za izradu kolovoza, a upotrebljavane su i kamene ploče (debljine 20-30 cm).

ZANIMLJIVOSTI

Ovako se čisti autoput od snega

Pogledajte kako vožnja autoputem izgleda u Srbiji, a kako u Hrvatskoj



Srbija



Hrvatska

Komentar nije potreban slike govore sve.....

Još jedan slika iz Hrvatska pod naslovom jos "malo" snijega iz Like



Sliku je uslikao naš čitalac iz Like **Damir Klačnja** dana 24.2.2013. Slika nosi naziv "jos malo snijega iz Like". Kao što vidite kolovoz je cm a sa strane 2 metra snega.

Putarina i za seoske puteve - Međugorje uvodi vinjete za lokalne ceste ??



MOSTAR - Svi koji žele posjetiti Svetište kraljice mira u Međugorju, od 1. marta ove godine morati će platiti vinjetu za korištenje lokalnih cesta na području Međugorja. Opštinsko veće opštine Čitluk donelo je Nacrt odluke o plaćanju naknade za prekomjernu upotrebu lokalnih puteva na području turističkih naselja Međugorje, Bijakovici i Vionica.

Tektonski kružni tok u Sloveniji



Struktura kružnog toka koja koristi karakteristične betonske blokove je izgrađena u Podčetrteku u Sloveniji. Kružni tok od 380 kvadratnih metara je završen je 2012. godine. Smešten je na prometnoj saobraćajnici i nalazi se između lokalne sportske hale na jednoj strani i brojnim hotelima na drugoj strani.

Raskrsnica koja "pravi" pare



Raskrsnica u londonskom kvartu Fulam na prvi pogled ni po čemu se ne razlikuje od ostalih u britanskoj metropoli - na njoj uglavnom vlada gužva i nesnosne kolone automobila, motora i autobusa. Ali, podaci objavljeni u "Sandej tajmsu" otkrivaju da su prošle godine čak 40.634 vozača kažnjena pošto su uhvaćeni kako se zaustavljaju unutar zabranjene žute mreže.

Najludi semafor na svetu



Deset hiljada turista je bilo zbunjeno u pokušaju da ispoštuju signale koje daje ovaj semafor jer ima 14 signala. Ovaj ludi semafor zbunjuje ljude još od maja prošle godine, iako su u ministarstvu saobraćaja naglasili da je on tu samo radi atrakcije i da ne treba da se poštuju.

Asfaltiranje sa recikliranom plastikom



Tim gradskih zvaničnika Vankuvera, uključujući Pitera Bremnera i Džefa Markovića iz preduzeća Kent Services, su radili sa kompanijom Green Mantra iz Toronta kako bi razvili novi proces koji pretvara 100 odsto reciklirane kućne plastike u vosak koji se zatim meša u toplu asfaltnu mešavinu. „Topla asfaltna mešavina nije u potpunosti nova stvar, ali ono što je jedinstveno u našoj aplikaciji jeste korišćenje voska koji je proistekao iz reciklirane plastike“, rekla je Karin Magnuson iz Vankuverske građevinske direkcije.

Most od transportnih kontejnera



Most „Econtainer“ arhitektonskog biroa Yoav Messer Architects će postati prvi most na svetu napravljen od rashodovanih transportnih kontejnera. Most će premostiti reku Ajalon, i biće svojevrsan portal u planirani park Ariel Sharon koji će transformisati 2.000 hektara deponije Hirja u prirodni rezervat na jugoistoku Tel Aviva.

Tunel za bečke vodozemce kao zaštita od saobraćaja



Različite vrste žaba, daždevnjaka i retkih alpskih zmiljaka žive duž ulice Amundsenstrase u predelu Šotenvald, delu bečkog Vinervalda. Posebno na proleće kada vodozemci idu do njihovih mrestilišta Amundsenstrase predstavlja reliku i opasnu barijeru koju životinje moraju premostiti. U cilju zaštite životinja Grad Beč je uz finansijsku pomoć Evropske unije napravio tunel koji će životinje spasiti od sigurne smrti na ulici. U Beču već ima nekoliko tunela čime grad pomaže životinjama da bezbedno pređu s jedne strane ulice na drugu.

Grci prekidaju radove na Koridoru 10 ?



Ukoliko se grčke kompanije povuku sa Koridora 10, Srbija bi mogla da izgubi 66,9 miliona evra za finansiranje deonice na jugu zemlje. Vlada Grčke razmišlja o tome da povuče veći deo donacije od ukupno 88,7 miliona evra iz firme "Helenik plan", koja gradi auto-put od D. Neradovca do Levosolja.

Nemački "Herrenknecht" zainteresovan za izgradnju autoputa Bar-Boljari



Nemačka kompanija "Herrenknecht", čija je specijalnost izgradnja tunela, zainteresovana je za deonicu auto-puta Bar-Boljari od Smokovca do Mateševa, saopšteno je iz Ministarstva pomorstva i saobraćaja Crne Gore. Sa predstavnicima te kompanije razgovarao je juče ministar pomorstva i saobraćaja Ivan Brajović.

Kobna preticanja na "obilaznici smrti"



Deonica beogradske obilaznice od Dobanovačke petlje do mosta Ostružnica po broju saobraćajnih nezgoda i poginulih vozača može se uporediti sa lbarskom magistralom. Vozači, koji tuda svakodnevno prolaze ovaj put zovu "obilaznica smrti", a na toj deonici dogodi se 5 saobraćajnih nezgoda mesečno.

Terna: Završetak tunela kod Dimitrovgrada za 15 meseci



Grčka kompanija Terna će u narednih 15 meseci završiti izgradnju dva velika tunela kod Dimitrovgrada na istočnom kraku Koridora 10, rekao je izvršni direktor Terna zadužen za poslovanje u inostranstvu, Statis Natsis. Terna je ugovorila gradnju tunela za 3,83 milijarde dinara, a radovi se finansiraju iz kredita Svetske banke.

Putari nezadovoljni, vlada usvojila program isplate budžeta



Samostalni sindikat putara Srbije upozorio je da se zbog nedostatka sredstava u budžetu ova privredna delatnost nalazi pred kolapsom. U Vladi Srbije je rečeno da je na sednici Vlade usvojen program o korišćenju sredstava za ovu godinu.

Počinje obnova mosta na Drini



Od 1. aprila počinju radovi na rekonstrukciji mosta Mehmed-paše Sokolovića. Čuvena na Drini čuprija zgrađena 1571. godine, od 2007. se nalazi na listi svetske kulture baštine Uneska. Rekonstrukcija u koju će biti uloženo 10 miliona evra, trajaće 600 radnih dana. Radove će izvoditi firma ERBU iz Turske.

„Alpina“ nastavila radove na Koridoru



Austrijskoj „Alpini“ zasada ne preti otkaz na deonici Koridora 10 od Pirota do Dimitrovgrada, pošto je u dogovorenom roku nastavila sa radovima, otkriva Dmitar Đurović, direktor „Koridora Srbije“. Zbog kašnjenja od 18 meseci Austrijancima je zaprečeno raskidom ugovora i povlačenjem bankarskih garancija.

Beograd: Tuneli pet godina u mraku!



Pet godina skoro je prošlo, a vozači kroz tunele "Lipak" i "Železnik" prolaze po mrklom mraku. Nadležni iz "Koridora Srbije" kažu da bi problem trebalo uskoro da bude rešen, jer su se stekli uslovi za nastavak radova, pa bi od marta trebalo da krene sanacija i opremanje.

Tihi asfalt i zaštitne barijere spas od buke



Nivo buke u Beogradu viši je za 10 do 15 decibela od dozvoljenih vrednosti. U skladu sa Zakonom o zaštiti od buke, planirano da se izrade nove strateške karte buke i to do 2015.godine, kako bi se utvrdila područja s prekoračenim graničnim vrednostima. Na osnovu tih karata planiraće se mere za smanjenje buke.

Počinje izgradnja regionalnog puta od Pribojske Banje do Zlatibora



U Ministarstvu saobraćaja potvrđeno je da će na leto 2013. početi izgradnja regionalnog puta Banja-Đurđići-Leskovac-Uvac. Projekat je uradio beogradski CIP, a na pribojskoj teritoriji asfaltni kolovoz biće dug 12,5 km, dok su znatno manjeg obima radovi u opštini Cajetina.

Putarina duplo skuplja u Hrvatskoj



Srbija ukupno ima 610 kilometara auto - puteva, upola manje nego susedna, po broju stanovnika i površini manja Hrvatska. Na tim putevima naplaćuje se putarina upola jeftinija nego u Hrvatskoj i znatno jeftinija nego u drugim zemljama Evrope.

Koridor 10 - Lane završeno 9km, a ove godine u planu dvadesetak ??



Koridoru 10 biće završen tek krajem 2015.g., a, možda i 2016?. Lane je na drumskom Koridoru 10 završeno svega 9 km, a ove godine, ako "Alpina" ne "zakaže", plan je 20-tak kilometara. Nadležni izlaze sa cifrom od 220 kilometara u protekle 4 godine, ali nema tu nijednog kilometara auto-puta u punom profilu.

Most Zemun - Borča se gradi po planu



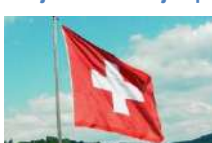
Radovi na izgradnji mosta Zemun-Borča teku prema predviđenim rokovima, pa bi posao trebalo da bude gotov do okt. 2014. "Mislim da bi, ako ne bude nepredviđenih problema, posao mogao da se završi u roku. Ugovoreni rok ističe 27. oktobra 2014. godine", kazao je menadžer projekta, predstavnik kineske firme CRBS Kang Ši Fej.

Prodor srpskih građevinaca u Angolu



„Potpisan protokol sa vladom Angole i njenim ministarstvom odbrane o projektovanju, opremanju i izgradnji više objekata u naredne četiri godine. Državnu delegaciju je predvodio prvi potpredsednik vlade i ministar odbrane Aleksandar Vučić.

Švajcarska značajno poskupljuje vinjeta



Švajcarski parlament prihvatio je da se cene vinjeta za autoputeve, podigne s 33 eura na 82 eura u 2015. godini. To povećanje cena koje je zatražila vlada, a parlament usvojio u ponedjeljak služit će za finansiranje gradnje dodatnih 400 kilometara autoputeva. Radi se o prvom povećanju cena vinjeta u poslednjih 20 godina.

Kineski CMEC želi da gradi obilaznicu oko Beograda



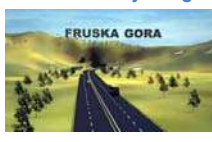
Kineska državna kompanija Čajna mašineri inženjering koroprejšn zainteresovana je da bude izvođač radova na izgradnji obilaznice Beograda. Dokument o saradnji, trebalo bi da se potpiše između CMEC-a, preduzeća Koridori Srbije i Ministarstva saobraćaja.

Turski Doguş Holding zainteresovan za izgradnju Koridora 11



Turska građevinska firma Doguş Holding zainteresovana je za gradnju dela Koridora 11, saopštio je kabinet ministra bez portfelja Sulejmana Ugljanina. Kako se navodi u saopštenju, regionalni menadžer Doguş građevinske grupe razgovarao je sa Ugljaninom i predložio mu saradnju u izgradnji puteva Srbije.

Kalanović i Pajić o gradnji autoputa Novi Sad-Ruma



Ministarka regionalnog razvoja i lokalne samouprave razgovarala je u Novom Sadu sa pokrajinskim premijerom o početku realizacije projekta gradnje autoputa Novi Sad - Ruma, sa tunelom kroz Frušku Goru. Rok za izgradnju autoputa Novi Sad - Ruma s tunelom je ambiciozan, do 2015. godine.

Brđani: Prvi tunel ka moru



U mestu Brđani, nedaleko od Gornjeg Milanovca, radnici građevinskog preduzeća „Planum“ započeli su probijanje tunela, koji će biti na trasi budućeg auto-puta Beograd - Čačak, od Preljine do Takova. Predviđena dužina dužina tunela iznosi 455 metara.

BiH i Hrvatska: Da li je blizu rešenje za most na Savi?



Izgradnja mosta na rijeci Savi kod Gradiške, veza autoputa Banjaluka-Gradiška i autoputa Zagreb-Beograd, neće početi pre početka 2014. godine. Potrebno je napraviti reviziju celog projekta, čiji su troškovi 42 miliona eura. Reviziju će uraditi radna tela resornih ministarstava BiH i RH.

Beograd: Osvetljavanje opasnih raskrsnica



Sekretarijat za saobraćaj će ispitati koje su najopasnije raskrsnice u gradu i utvrditi da li postoje uslovi da se na tim mestima ugradi pojačano osvetljenje. Tokom protekle godine je u akciji ovog Sekretarijata već osvetljeno 12 raskrsnica, a ove godine je planirano još 10 lokacija.

Integral gradi dionicu autoputa u Srbiji



BANJALUKA - Konzorcijum tri građevinska preduzeća predvođen "Integral inženjeringom" iz Laktaša, gradiće dionicu koridora 10 na jugu Srbije nakon što je pobijedio na tenderu u žestokoj konkurenciji 10 konzorcijuma i kompanija iz nekoliko evropskih i azijskih zemalja.

ПРОЈЕКТУЈЕМО ЗА БУДУЋНОСТ

Немањина 6/IV, 11000 Београд, Република Србија, Тел: 011/361 69 29, 361 82 87, Fax: 011/361 67 57
website: www.sicip.co.rs, E-mail: office@sicip.co.rs



Expertise at every level

Cutting-edge solutions for a connected world

Services of Consulting Engineers

- _ Tunnelling and Geotechnics
- _ Infrastructure
- _ Environment
- _ Buildings

