

**VREDNOVANJE PREDLOGA REŠENJA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA RASKRSNICAMA NA Bulevaru Evrope****EVALUATION OF SOLUTION PROPOSALS FOR TRAFFIC IMPROVEMENT FOR Boulevard Europe INTERSECTIONS**

Katarina Jovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – SAOBRAĆAJ I TRANSPORT**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad prikazuje način analiziranja saobraćaja na raskrsnicama i predlog mera za poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja sa funkcionalnog i ekonomskog aspekta.

**Ključne reči:** Saobraćaj, nivo usluge, vrednovanje

**Abstract** – This paper presents a way of analyzing traffic at intersections, as well as proposals for improving the conditions of traffic flow from a functional and economic aspect.

**Keywords:** Traffic, LOS, evaluation

**1. UVOD**

Raskrsnice, kao mesta gde dolazi do presecanja saobraćajnih tokova, sa aspekta kapaciteta i nivoa usluge, predstavljaju potencijalno kritična mesta na putnoj i uličnoj mreži. Osnovni načini regulisanja saobraćaja na raskrsnicama jesu:

- Saobraćajni znakovi prioriteta;
- Kružni tok odvijanja saobraćaja;
- Svetlosna signalizacija.

Raskrsnice sa kružnim tokom funkcionišu sigurnije ukoliko geometrijski element uslovljavaju smanjenje prilazne, odnosno, brzine u kružnom toku. Nasuprot tome, ovakva geometrija uslovljava smanjenje kapaciteta raskrsnice. Kružne raskrsnice su raskrsnice sa kombinacijom isprekidanog i neisprekidanog saobraćajnog toka.

Okvirni kapacitet za raskrsnice sa jednom saobraćajnom trakom u zavisnosti od procenta levih skretanja i faktora neravnomernosti glavnog i sporednog pravca kreće se između 20.000 i 26.000 vozila. Za raskrsnice sa dve saobraćajne trake ova vrednost se kreće između 40.000 i 52.000 vozila.

U okviru ovog rada, izvršena je analiza uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici Bulevara Evrope i ulice Rumenački put i raskrsnici Bulevara Evrope, Bulevara vojvode Stepe i ulice Kornelija Stankovića u Novom Sadu, gde su dati predlozi rešenja poboljšanja uslova odvijanja saobraćaja, kao i funkcionalno, ekonomsko vrednovanje predloženih rešenja, nakon čega se dobija optimalno rešenje, koje se predlaže za realizaciju.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nenad Ruškić.

**2. KARAKTERISTIKE ANALIZIRANIH RASKRSNICA**

Analizirane raskrsnice nalaze se na području grada Novog Sada koje su locirane u prigradskoj zoni. Raskrsnica K1 predstavlja mesto ukrštanja Bulevara Evrope i ulice Rumenački put, koja je klasična četvorokraka kružna raskrsnica, sa dve trake na prilazu i dve trake u kruženju. Raskrsnica K2 predstavlja mesto ukrštanja Bulevara Evrope, Bulevara vojvode Stepe i ulice Kornelija Stankovića, to je kružna raskrsnica sa baj-pas trakom, sa dve trake na prilazu i dve trake u kruženju.

Raskrsnica K1 je regulisana elementima horizontalne i vertikalne signalizacije, vozila u kružnom toku imaju prednost pred vozilima iz ulivnih pravaca. Pešački prelazi su postavljeni na svim prilazima raskrsnice. Na raskrsnici su zastupljene staze za kretanje pešaka i biciklista. Pored individualnih gradski putovanja zastupljene su linije javnog gradskog prevoza putnika. Raskrsnica se sastoji od dve trake na prilazu i dve trake u kruženju. Izgled raskrsnice dat je na slici 1.



Slika 1. Analizirana raskrsnica K1

U blizini raskrsnice K2 nalazi se Osnovna škola, ugostiteljski objekti, stambeni objekti, šoping centri, banke. Pešački prelazi su postavljeni na svim prilazima raskrsnice.

Na raskrsnici su zastupljene staze za kretanje pešaka i biciklista. Pored individualnih gradski putovanja zastupljene su linije javnog gradskog prevoza putnika.

Raskrsnica se sastoji od dve trake na prilazu i dve trake u kruženju, i ima baj – pas traku na prilazu 3.

Izgled raskrsnice dat je na slici 2.



Slika 2. Analizirana raskrsnica K2

### 3. TEORETSKE OSNOVE

Saobraćajni tok može biti prost i složen. Prost saobraćajni tok sastoji se od jednog niza vozila koja se kreću u jednom pravcu i u jednom smeru. Složen saobraćajni tok se sastoji od dva ili više prostih saobraćajnih tokova s obzirom na međusobne odnose nizova.

S obzirom na strukturu saobraćajni tok može biti:

- Homogen;
- Nehomogen (mešoviti) tok;
- Uslovno homogen.

Nivo usluge je kvalitativni pokazatelj odvijanja saobraćaja na raskrsnici. On se zasniva na utvrđivanju vremenskih zastoja po vozilu za svaku grupu traka i za svaki prilaz, kao i za celu raskrsnicu. Za utvrđivanje nivoa usluge raskrsnica koristi se 6-to stepena skala sa nivoima usluge od A do F (A najbolji, F najlošiji).

#### 3.1. Osnovne karakteristike o kružnim raskrsnicama

Projektovanje geometrije savremenih raskrsnica sa kružnim tokom predstavlja traženje kompromisa između kapaciteta i sigurnosti. Raskrsnice sa kružnim tokom funkcionišu sigurnije ukoliko geometrijski element uslovljavaju smanjenje prilazne, odnosno, brzine u kružnom toku. Nasuprot tome, ovakva geometrija uslovljava smanjenje kapaciteta raskrsnice. Takođe mnogi geometrijski elementi uslovljeni su manevarskim sposobnostima najvećeg vozila očekivanog na raskrsnici.

Osnovni oblik i karakteristike zavise i od položaja raskrsnice u mreži (gradska, vangradska), kao i od očekivanog prisustva pešaka odnosno biciklističkog saobraćaja. Takođe, različit pristup projektovanju se primenjuje kod raskrsnica sa jednom ili više traka u kružnom toku.

### 4. ANALIZA USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

Brojanje saobraćaja je izvedeno 13.06.2017. god. u periodu od 06:00 do 21:00 časova.

Evidentirane su sledeće kategorije vozila: bicikl, motocikl, putnički automobil, autobus, lako teretno vozilo (vozilo do 3,5 tone i teretni kombi), srednje teretno vozilo (vozilo preko 3,5 tone), teško teretno vozilo (tri osovine), autovoz (tegljač i kamioni sa prikolicom).

Za raskrsnicu K1 od ukupnog protoka po prilazima, uočava se da prilaz 2 ima najmanji protok, zatim prilaz 3 i prilaz 1, dok je na prilazu 4 protok najveći. Ukupno saobraćajno opterećenje, za 15 sati brojanja iznosi 38.413 vozila, što je u proseku 6.403 vozila na sat.

Najopterećeniji period funkcionisanja raskrsnice je jutarnji vršni period, odnosno period od 07:00-08:00, gde je zabeležen protok od 3357 vozila na svim prilazima, dok je najmanja registrovana vrednost saobraćajnog opterećenja registrovana u periodu od 20:00-21:00 časova, gde je ukupan protok vozila sa svih prilaza iznosio 1371 vozila.

Što se tiče strukture toka na analiziranoj raskrsnici, najveći procenat čine putnička vozila sa 84,91%, a zatim laka teretna vozila sa 5,41%. Autobusi su zastupljeni 1,86%, to su uglavnom vozila javnog gradskog prevoza putnika, srednja teretna vozila u strukturi toka učestvuju sa 3,26%, dok teških teretnih vozila ima 3,10%. Autovozova ima u najmanjoj meri, svega 1,46%.

Za raskrsnicu K2 od ukupnog protoka po prilazima, uočava se da prilaz 1 ima najmanji protok, zatim prilaz 3 i prilaz 2, dok je na prilazu 4 protok najveći. Ukupno saobraćajno opterećenje, za 11 sati brojanja iznosi 31268 vozila, što je u proseku 5212 vozila na sat.

Najopterećeniji period funkcionisanja raskrsnice je popodnevni vršni period, odnosno period od 16:00-17:00, gde je zabeležen protok od 3478 vozila na svim prilazima, dok je najmanja registrovana vrednost saobraćajnog opterećenja registrovana u periodu od 20:00-21:00 časova, gde je ukupan protok vozila sa svih prilaza iznosio 2029 vozila.

Što se tiče strukture toka na analiziranoj raskrsnici, najveći procenat čine putnička vozila sa 87,02%, a zatim laka teretna vozila sa 4,79%. Autobusi su zastupljeni 1,99%, to su uglavnom vozila javnog gradskog prevoza putnika, srednja teretna vozila u strukturi toka učestvuju sa 2,42%, dok teških teretnih vozila ima 2,47%. Autovozova ima u najmanjoj meri, svega 1,31%.

### 5. PROGNOZA SAOBRAĆAJNOG OPTEREĆENJA

Razlikujemo postojeće i planirano stanje. Postojeće saobraćajno opterećenje (može se prebrojati) i koristi se za preduzimanje neposrednih akcija u regulisanju saobraćaja. Prognozirano saobraćajno opterećenje daje buduće količine saobraćaja za koje treba obezbediti odgovarajuće kapacitete gradske putne mreže i sistema javnog gradskog prevoza.

Na osnovu brojanja sa raskrsnice ulica Rumenačka – Kornelija Stankovića, tj. raskrsnice koja je povezana sa analiziranim raskrsnicama, vršena je prognoza budućeg saobraćaja za narednih 10 godina. Na osnovu brojanja iz 2009 godine i brojanja iz 2017 godine na raskrsnici ulica Rumenačka – Kornelija Stankovića zabeležen je pad saobraćaja, ako bi se intezitet saobraćaja izjednačio sa 2009 godinom, došli smo do zaključka da će saobraćaj na analiziranim raskrsnicama porasti za 32%.

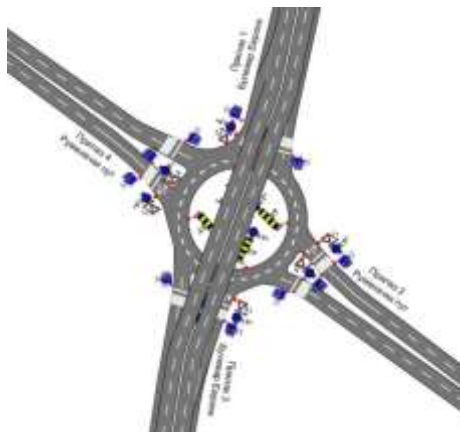
### 6. PREDLOG MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA NA ANALIZIRANIM RASKRSNICAMA

Radi poboljšanja uslova odvijanja saobraćaja na analiziranim raskrsnicama, u cilju povećanja bezbednosti nemotorizovanih učesnika u saobraćaju, istovremeno obezbeđujući smanjene brzine kretanja vozila kroz raskrsnicu, u sklopu mera za poboljšanje, predlažu se sledeće varijante:

Varijanta 1 – Postojeće stanje sa dogradnjom nadvožnjaka

Varijanta 2 – Četvorokraka signalisana raskrsnica

Na osnovu predloženih varijanti, metodom proračuna, određiće se koja je varijanta najbolja za analizirane raskrsnice, koja obezbeđuje najbolje uslove odvijanja saobraćaja, čime se smanjuju ili eliminišu redovi čekanja, smanjuju vremenski gubici i povećava nivo usluge. Izgled Varijante 1 za raskrsnicu K1 dat ne na slici 3.



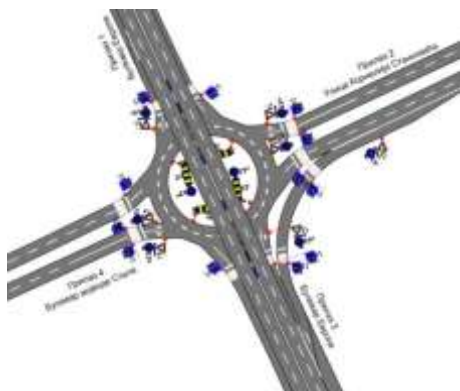
Slika 3. Varijanta 1 za raskrsnicu K1

Izgled Varijante 2 za raskrsnicu K1 dat je na slici 4.



Slika 4. Varijanta 2 za raskrsnicu K1

Izgled Varijante 1 za raskrsnicu K2 dat je na slici 5.



Slika 5. Varijanta 1 za raskrsnicu K2

Izgled Varijante 2 za raskrsnicu K2 dat je na slici 6.



Slika 6. Varijanta 2 za raskrsnicu K2

## 7. VREDNOVANJE PREDLOGA MERA ZA POBOLJŠANJE USLOVA ODVIJANJA SAOBRAĆAJA

### 7.1. Funkcionalno vrednovanje predloženih mera

Funkcionalno vrednovanje vršeno je uz pomoć softverskog paketa SIDRA INTERSECTION, koji je namenjen za proračun kapaciteta i nivoa usluge na raskrsnicama.

Za potrebe izrade ovog rada, u program su unete karakteristike analiziranih raskrsnica, za svaku varijantu ponaosob. U tabeli 1 prikazan je nivo usluge za obe varijante za raskrsnicu K1.

Tabela 1. Prikaz nivoa usluge za raskrsnicu K1

Prilazi/Godine	Most 2027		Semafori 2027	
	Vremenski gubici (s/voz)	Nivo usluge	Vremenski gubici (s/voz)	Nivo usluge
Prilaz 1	12,2	B	55,6	E
Prilaz 2	150,9	F	24,3	C
Prilaz 3	325,4	F	35,2	D
Prilaz 4	152,7	F	42,5	D
Raskrsnica	Nivo usluge	F	Nivo usluge	D

U tabeli 2 prikazan je nivo usluge za obe varijante za raskrsnicu K2.

Tabela 2. Prikaz nivoa usluge za raskrsnicu K2

Prilazi/Godine	Most 2027		Semafori 2027	
	Vremenski gubici (s/voz)	Nivo usluge	Vremenski gubici (s/voz)	Nivo usluge
Prilaz 1	30,7	D	73,9	E
Prilaz 2	182,2	F	47,9	D
Prilaz 3	15,5	C	51,8	D
Prilaz 4	202,4	F	65,2	E
Raskrsnica	Nivo usluge	F	Nivo usluge	E

### 7.2. Ekonomsko vrednovanje predloženih mera

Ekonomska analiza se vrši sa stanovišta celog društva i njen cilj je da se uradi procena uticaja projekta na dobrobit stanovništva i regiona. Ekonomska analiza se vrši na osnovu informacija koje se dobijaju iz finansijske analize. Nakon uspostavljanja ekonomskih novčanih tokova, može se proceniti da li će projekat doneti društvu neku društvenu vrednost.

U tabeli 3 dat je prikaz troškova sa aspekta građevinskih radova, za obe predložene varijante za raskrsnicu K1.

Tabela 3. Troškov gradnje za raskrnicu K1

Varijante	Cena (\$)
Izgradnja nadvožnjaka	3.928.571,43 \$
Izgradnja četvorokrake signalisane raskrsnice	300.382,51 \$

U tabeli 4 dat je prikaz troškova sa aspekta građevinskih radova, za obe predložene varijante za raskrnicu K2.

Tabela 4. Troškov gradnje za raskrnicu K2

Varijante	Cena (\$)
Izgradnja nadvožnjaka	3.571.428,57 \$
Izgradnja četvorokrake signalisane raskrsnice	321.491,04 \$

## 7.2. Ušteda u troškovima eksploatacije

Troškovi goriva nastaju zaustavljanjem vozila na raskrsnici. Saobraćajne gužve mogu imati različite uticaje na društvo: troškovi održavanja vozila, eksploatacije vozila, povećanje cene vremena putovanja, povećanje potrošnje goriva, troškovi nepruženih transportnih usluga, itd. U tabeli 5 dat je prikaz uštede u troškovima goriva za raskrnicu K1.

Tabela 5. Ušteda u troškovima goriva za raskrnicu K1

УШТЕДА НА ГОДИШЊЕМ НИВОУ	2.813.087,59 \$	3.804.343,20 \$
УШТЕДА ЗА ПЛАНСКИ ПЕРИОД	22.504.700,75 \$	30.434.745,64 \$
↓		
УШТЕДА У ПЛАНСКОМ ПЕРИОДУ КАДА ОДУЗМЕМО ИНВЕСТИЦИЈУ	18.576.129,32 \$	30.134.363,13 \$

U tabeli 6 dat je prikaz uštede u troškovima goriva za raskrnicu K2.

Tabela 6. Ušteda u troškovima goriva za raskrnicu K2

УШТЕДА НА ГОДИШЊЕМ НИВОУ	1.515.728,94 \$	1.962.005,64 \$
УШТЕДА ЗА ПЛАНСКИ ПЕРИОД	12.125.807,49 \$	15.696.045,17 \$
↓		
УШТЕДА У ПЛАНСКОМ ПЕРИОДУ КАДА ОДУЗМЕМО ИНВЕСТИЦИЈУ	8.554.378,92 \$	15.374.554,13 \$

## 8. ZAKLJUČAK

Nakon definisanja osnovnih karakteristika raskrsnice, sledi prikaz rezultata dobijenih brojanjem.

Na osnovu brojanja sa raskrsnice ulica Rumenačka – Kornelija Stankovića, tj. raskrsnici koja je povezana sa analiziranim raskrsnicama, vršena je prognoza budućeg saobraćaja za narednih 10 godina.

Za narednih 10 godina, očekivani broj vozila u vršnom satu za raskrnicu K1 iznosi 4.431 vozila, dok za raskrnicu K2 iznosi 4.591 vozila.

Na osnovu prognoze saobraćaja izvršena je analiza nivoa usluge.

U okviru Poglavlja 6 date su varijante predloženih rešenja, i to:

- Varijanta 1 – Postojeće stanje sa dogradnjom nadvožnjaka
- Varijanta 2 – Četvorokrake signalisane raskrsnice

Nakon definisanih predloga mera, izvršeno je njihovo funkcionalno i ekonomsko vrednovanje.

Sa aspekta funkcionog vrednovanja, za raskrnicu K1 bolji nivo usluge omogućava Varijanta 2, gde su vremenski gubici 39,3 s/voz što predstavlja nivo usluge D. Varijanta 2 za raskrnicu K2 takođe omogućava bolji nivo usluge (E), gde vremenski gubici iznose 60,1 s/voz.

Sa ekonomskog gledišta, za raskrnicu K1 povoljnija je Varijanta 2, jer su troškovi izgradnje četvorokrake raskrsnice jeftiniji od troškova izgradnje nadvožnjaka. Za raskrnicu K2 takođe je povoljnija Varijanta 2 sa ekonomskog aspekta.

Na osnovu uštede u troškovima eksploatacije za raskrnicu K1, Varijanta 2 daje veću uštedu u troškovima goriva. Takođe, Varijanta 2 doprinosi većoj uštedi u troškovima goriva i za raskrnicu K2.

Varijanta 2, odnosno izgradnja četvorokrake signalisane raskrsnice, izdvaja se kao povoljnije tehničko rešenje za obe analizirane raskrsnice, koje bi uticalo na poboljšanje uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici, jer ostvaruje manje vremenske gubitke, daje boljinovu usluge, izdvaja se kao jeftinije rešenje sa aspekta troškova gradnje i ima veću uštedu u troškovima eksploatacije u odnosu na Varijantu 1.

## 4. LITERATURA

- [1] (2010). Highway Capacity Manual. The National Academies
- [2] (2000). Highway Capacity Manual. The National Academies
- [3] <http://www.putevi-srbije.rs>. (n.d.)
- [4] Dorđević, T., & Vuk, B. (2002). *Kapacitet putnih i uličnih ukrštanja prioritetne raskrsnice (novi koncept)*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka
- [5] Kuzović, Lj. (1994). *Vrednovanje u upravljanju razvojem i eksploatacijom putne mreže*. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [6] Kuzović, Lj. (2000). *Kapacitet i nivo usluga drumskih saobraćajnica*. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- [7] Kuzović, Lj., Bogdanović, V. (2010). *Teorija saobraćajnog toka*. Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- [8] Pravilnik o saobraćajnoj signalizaciji. ("Sl. glasnik RS", br. 134/2014)

### Kratka biografija:



**Katarina Jovanović** rođena je u Užicu 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj i transport, na smeru Projektovanje i organizacija odbranila je 2018.god.  
kontakt: jovanovic\_katarina@hotmail.com