

Poređenje efektivnog zelenog vremena u različitim saobraćajnim sistemima

MINA M. GRUJOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0000-7805-0508

JELENA N. KAJALIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ORCID: 0009-0004-2221-9289

STAMENKA R. STANKOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-0943-6412

NIKOLA Đ. ČELAR, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

ORCID: 0000-0002-0261-6090

Stručni rad

UDC: 656.1.057:656.1.021(497.11:430)

DOI: 10.5937/tehnika2603283G

U procesu upravljanja, zeleno vreme se može posmatrati sa dva aspekta: stvarno i efektivno zeleno vreme. Stvarno zeleno vreme se definiše kao vremenski interval tokom koga se određenoj signalnoj grupi prikazuje zeleni signalni pojam. Efektivno zeleno vreme se definiše kao period vremena tokom koga može da se realizuje kontinualan proces napuštanja prilaza raskrsnice, odnosno proces pražnjenja reda maksimalnim intenzitetom. Cilj ovog rada je da se utvrdi odnos stvarnog i efektivnog zelenog vremena u različitim saobraćajnim sistemima, odnosno na dve lokacije: u Nemačkoj i u Srbiji. Na obe lokacije analizirani su gubici na startu i iskorišćenje žutog. Istraživanje je sprovedeno za saobraćajne trake namenjene tokovima pravo. Rezultati istraživanja pokazuju da je u Nemačkoj efektivno zeleno vreme za 0,48 sekundi manje od stvarnog, a rezultati u Srbiji da je efektivno zeleno vreme za 0,81 sekundi manje od stvarnog.

Ključne reči: efektivno zeleno vreme, interval sleđenja, signalisana raskrsnica

1. UVOD

Jedna od baznih disciplina saobraćajnog inženjerstva je upravljanje saobraćajem. Upravljanje saobraćajem se može definisati kao skup trenutnih akcija ili akcija tokom vremena kojim se deluje na saobraćajni sistem kako bi se realizovali ciljevi sistema, odnosno upravljanja. Generalni ciljevi sistema upravljanja: povećanje efikasnosti, povećanje bezbednosti i smanjenje uticaja na okruženje [1].

Osnovni zadatak upravljanja saobraćajnim tokovima, u funkciji realizacije ciljeva sistema, je prostorno i vremensko usklađivanje raspoloživog kapaciteta mreže sa merodavnim saobraćajnim zahtevom. Upravljanje urbanom saobraćajnom mrežom se dominantno

oslanja na primenu svetlosnih signala. Svetlosnim signalima vrši se vremenska preraspodela raspoloživog kapaciteta raskrsnice po prilazima, odnosno saobraćajnim tokovima [1].

Svetlima lanterni se prikazuju svetlosni signalni pojmovi. Kretanje vozila reguliše se pomoću pet signalnih pojmova: crveni, crveno-žuti, zeleni, trepćući zeleni i žuti signalni pojam [1]. Trajanje signalnih pojmova je definisano važećom regulativom. Crveno-žuti signalni pojam traje 2 sekunde u Srbiji, a u Nemačkoj 1 sekundu. Žuti signalni pojam traje 3 sekunde prema regulativi na oba analizirana područja.

Cilj ovog istraživanja je utvrditi odnos između efektivnog i stvarnog zelenog vremena na dve lokacije, u Nemačkoj i u Srbiji. Vrednost efektivnog zelenog vremena se utvrđuje na osnovu gubitaka na startu i iskorišćenja žutog signalnog pojma. U istraživanju se polazi od hipoteze da je prema priručniku HBS2015 (*Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen*) efektivno zeleno vreme uvek za

Adresa autora: Mina Grujović, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305
e-mail: mina.grujovic@gmail.com

Rad primljen: 09.04.2026.

Rad prihvaćen: 01.06.2026.

sekundu veće od stvarnog zelenog vremena. Prema istraživanjima u Srbiji, taj odnos je drugačiji, stvarno zeleno vreme je veće od efektivnog zelenog vremena. Razlozi za to mogu biti brojni, od različitog ponašanja i navika vozača, različitih performansi vozila, do različitih postavki signalnog programa i ukupnih uslova saobraćaja.

2. STVARNO I EFEKTIVNO ZELENO VREME

Zeleno vreme, odnosno dužina zelenog vremena, rezultat je postupka optimizacije rada svetlosnih signala. U procesu upravljanja, zeleno vreme se može posmatrati sa dva aspekta, i to kao:

- stvarno zeleno vreme (Zst);
- efektivno zeleno vreme (Zef).

Stvarno zeleno vreme se definiše kao vremenski interval tokom koga se određenoj signalnoj grupi prikazuje zeleni signalni pojam. U tom smislu, ono predstavlja tehnički pojam, koji je u signalnom programu jednoznačno definisan sekundom u kojoj počinje, odnosno u kojoj se završava. Sa druge strane, efektivno zeleno vreme predstavlja upravljački parametar i definiše se kao period vremena tokom koga može da se realizuje kontinualan proces napuštanja prilaza raskrsnice, odnosno proces pražnjenja reda maksimalnim intenzitetom (intenzitetom zasićenog saobraćajnog toka) [1]. Početak procesa pražnjenja reda (prolazak prvog vozila preko linije zaustavljanja) vremenski je pomeren u odnosu na trenutak pojave zelenog signalnog pojma. Pražnjenje reda dostiže maksimalan intenzitet tek nakon prolaska prvih četiri-pet vozila u redu. Nemogućnost trenutnog dostizanja maksimalnog intenziteta pražnjenja reda na početku stvarnog zelenog vremena, kao i njegovog svodenja na nultu vrednost u trenutku završetka zelenog, posledica je reakcije vozača na promenu signalnog pojma i inercije u procesu kretanja vozila. Rezultat ovakvog načina realizacije procesa pražnjenja reda je vremenski pomak efektivnog u odnosu na stvarno zeleno vreme [1].

Teorijska interpretacija procesa pražnjenja reda je prikazana na slici 1. Vrednost protoka konstantno raste od početka zelenog signalnog pojma (tačka 1) i dostiže svoju maksimalnu vrednost u tački 2. Gubici koji nastaju u vremenskom intervalu između tačaka 1 i 2 teorijski su jednaki polovini dužine posmatranog intervala (tačka 3) i nazivaju se „gubici na startu“ (a). Sa druge strane, konstantan pad protoka od završetka zelenog (tačka 4) do kraja žutog (tačka 5) predstavlja dodatno vreme, koje je teorijski jednako polovini posmatranog intervala (tačka 6). Period vremena od tačke 4 do 6 naziva se „iskorišćeni deo žutog“ (b).

U skladu sa navedenim, odnos između stvarnog i efektivnog zelenog vremena se može opisati narednom relacijom [1]:

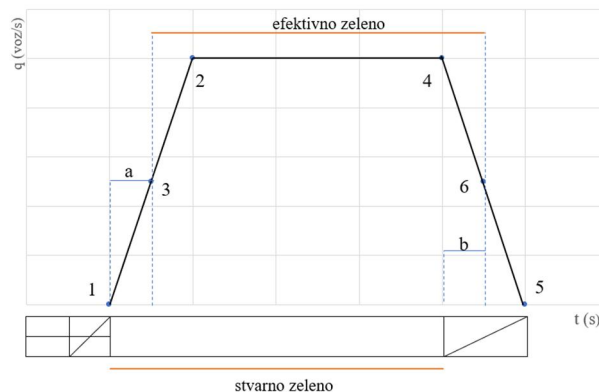
$$Zef = Zst - a + b \quad (1)$$

Zef – efektivno zeleno vreme (s)

Zst – stvarno zeleno vreme (s)

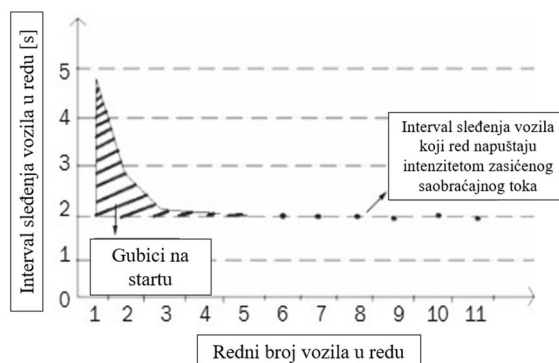
a – gubici na startu (s)

b – iskorišćeni deo žutog (s)



Slika 1 – Teorijski dijagram pražnjenja reda

Gubici na startu se mogu definisati kao vremenski period koji se izgubi na početku zelenog signalnog pojma usled reakcije vozača i procesa ubrzavanja. Izražava se u sekundama i pripisuje se prvih par vozila u redu (obično 4 ili 5 vozila). Kako se gubici grafički mogu predstaviti može se videti na slici 2.



Slika 2 – Grafički prikaz gubitaka na startu [2]

Iskorišćenje žutog signalnog pojma odnosi se na način na koji vozači reaguju u trenutku kada se na semaforu pojavi žuto svetlo. U Zakonu o bezbednosti saobraćaja *Sl. glasnik RS* je definisano da je na žuto svetlo zabranjen prolaz osim u slučaju kada se vozilo ne može bezbedno zaustaviti ispred navedenog znaka [3]. Kada se na lanterni pojavi žuto svetlo, vozači se često nalaze u zoni u kojoj donose odluke da ubrzaju ili da koče. Ta zona se naziva dilema zona. Prema Yang i dr. (2014) dilema zona negativno utiče na bezbednost na raskrsnici [4].

U Nemačkoj, postupak za projektovanje saobraćajnih signala se poziva na RILSA (FGSV, 2015). Efektivno zeleno vreme je definisano kao vreme stvarnog zelenog s uvećano za 1 sekundu [5].

$$g_e = g + l \quad (2)$$

g – zeleno vreme (s)

g_e – efektivno zeleno vreme (s)

3. PREGLED LITERATURE

Veliki broj istraživača se bavi temama poput gubitaka na startu i zasićenog saobraćajnog toka u različitim državama. Shodno razlikama među državama, javljaju se i razlike u dobijenim rezultatima i zaključcima. Takođe, istraživači uzimaju u obzir i različite faktore koji imaju uticaj pre svega na gubitke na startu.

Nikolić i dr. (2024) u svom istraživanju pokazuju uticaj veličine grada na gubitke na startu na signalisanim raskrsnicama. Rezultati su pokazali da su u manjem gradu, u ovom slučaju Smederevskoj Palanci gubici na startu za 2,78 s veći nego u Beogradu. Vrednost gubitaka na startu u Beogradu je iznosila 0,76 s što je manje od preporučenih (oko 2 s prema HCM – Highway Capacity Manual [6]), dok je vrednost gubitaka na startu u Smederevskoj Palanci iznosila 3,54 s, što je, s druge strane, značajno veće od preporučenih. Pokazano je da veličina grada, odnosno ponašanje vozača u različitim sredinama utiče na vrednost gubitaka na startu [7].

Čalişkanelli i dr. (2017) u svom istraživanju govore o gubicima na startu koji se ostvaruju na signalisanim raskrsnicama u Turskoj. Oni navode da postoje mnogo faktora koji utiču na izgubljeno vreme na startu, a neki od njih su: tip vozila i nagib, pešaci na raskrsnici, vreme reakcije koje varira od vozača, psihološki faktor. Istraživanje je rađeno na osam raskrsnica u Turskoj i kao prosečna vrednost gubitaka na startu dobijena je vrednost od 2,32 s [2].

Pratelli i dr. (2010), u svom radu govore o gubicima na startu koji su utvrđeni u Atini, u Grčkoj. Oni su, takođe, analizirali i naredne uticajne faktore: širina trake, položaj trake, doba dana i ograničenje brzine. Za prosečno vreme gubitaka na startu dobijena je vrednost od 1,34 s i istraživači smatraju da se može pripisati prva četiri vozila u redu [8].

Kocić i dr. (2020) bavili su se uticajem trepćućeg zelenog signalnog pojma na iskorišćenje žutog. Istraživanje je sprovedeno na dve raskrsnice u Beogradu, jednom sa i drugoj bez trepćućeg zelenog svetla. Trepćuće zeleno, kao deo zelenog signalnog pojma, označava da će se zeleno vreme uskoro završiti.

Pošto vozači imaju prethodnu informaciju da će se uskoro pojaviti žuti signal, imaju više vremena da odluče da li će se zaustaviti ili proći raskrsnicu. S druge strane, ako nije primenjeno trepćuće zeleno, vozači imaju informaciju o završetku zelenog signala kada se pojavi žuti signal. U takvim situacijama vozači često

nemaju dovoljno vremena da se bezbedno zaustave, pa prelaze liniju zaustavljanja na početku crvenog signalnog pojma. Vrednost iskorišćenja žutog signalnog pojma u slučaju postojanja trepćućeg zelenog signalnog pojma iznosi 1,57 s, odnosno, u suprotnom slučaju 3,27 s.

U drugom slučaju se pokazuje da vozači koriste celu dužinu žutog signala i dodatno deo crvenog signala [9]. Ovim pitanjem bavili su se i Köll i dr. (2004) na području Švajcarske, Austrije i Nemačke. Analiza pokazuje da trepćuće zeleno povećava broj ranijih zaustavljanja, jer vozači imaju tendenciju da potcene vreme do kraja žutog svetla [10].

Pregledom literature se zaključuje da su gubici na startu neizbežni u svim državama i situacijama, ali da je njihova vrednost veoma varijabilna. Faktori koji utiču na to su brojni. Vrednost gubitaka uglavnom varira od 1,5 do 3 sekunde, dok HCM obično uzima vrednost od 2 sekunde.

Svi autori navode da vozači ne mogu odmah reagovati na pojavu zelenog signalnog pojma i da su gubici na startu uglavnom vezani za prvih par vozila u redu, čime utiču na smanjenje efektivnog zelenog vremena.

S druge strane, mali broj autora se bavi iskorišćenjem žutog signalnog pojma. Oni uglavnom prate ponašanje vozača na promenu zelenog signala, ne dajući pritom konkretne vrednosti iskorišćenja.

4. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je sprovedeno na dve lokacije, u Nemačkoj i u Srbiji. U oba slučaja istraživanje je sprovedeno na isti način i posmatrana je po jedna signalisana raskrsnica na obe lokacije. Na odabranim raskrsnicama izvršeno je istraživanje u vršnim satima u toku dana (jutarnji ili popodnevni) i na njima su snimljeni intervali sleđenja između vozila kao i iskorišćenje žutog kako bi se mogla utvrditi vrednost efektivnog zelenog vremena.

Pre sprovođenja samog istraživanja, bilo je potrebno odabrati merodavnu raskrsnicu. Na raskrsnici je potrebno imati veće intenzitete saobraćaja, odnosno bilo je potrebno formiranje redova na prilazu raskrsnici kako bi se vozila uopšte našla u situaciji da odlučuju o prolasku na žuti signal.

Raskrsnica koja je odabrana u Nemačkoj je Moselring – Löhrrstraße i nalazi u centralnom delu nemačkog grada Koblenca, na zapadu ove zemlje. Istraživanje u Nemačkoj je obavljeno u ponedeljak, 6. oktobra 2025. godine, u vremenskom periodu od 16 h do 18 h (popodnevni vršni period). Posmatran je zapadni prilaz raskrsnice (ulica Moselring) i to trake 2 i 3, namenjene tokovima pravo, što se može videti na slici 3.



Slika 3 - Analizirani prilaz raskrsnice Moselring – Löhrrstraße (izvor: Google Maps)

Raskrsnica koja je odabrana u Srbiji je Jurija Gagarina – Omladinskih brigada na Novom Beogradu. Istraživanje u Srbiji je sprovedeno u četvrtak, 9. oktobra 2025. godine, u vremenskom periodu od 7 h do 9 h (jutarnji vršni period). Posmatran je zapadni prilaz raskrsnice (ulica Jurija Gagarina) i to trake 2 i 3, namenjene tokovima pravo, što se može videti na slici 4.



Slika 4 - Analizirani prilaz raskrsnice Jurija Gagarina – Omladinskih brigada (izvor: Google Maps)

U oba slučaja je snimljeno po 40 ciklusa. Intervali sleđenja snimljeni su za svaki ciklus, od trenutka pojave zelenog signalnog pojma do pojave crvenog signalnog pojma. Na raskrsnicama su zabeleženi već formirani redovi tokom crvenog signalnog pojma i oni ne stižu da se u potpunosti isprazne tokom zelenog signala, što je bio i preduslov za izbor raskrsnice. Mereni su prolasci prednje osovine vozila preko linije zaustavljanja. Iskorišćenje žutog vremena je mereno od trenutka pojave žutog signalnog pojma do trenutka prestanka prolaska vozila preko linije zaustavljanja.

Gubici na startu su utvrdjeni narednom formulom:

Tabela 1. Gubici na startu

	Gubici na startu (s)			
	MIN	MAX	Prosek	Standardno odstupanje
Prvih 4 vozila (s)	-0,84	2,97	1,00	1,02
Prvih 5 vozila (s)	-1,19	3,82	1,22	1,20

Ono što je, takođe, zanimljivo posmatrati jeste odnos između intervala sleđenja prvog i drugog vozila u redu. Prosečan interval sleđenja za prvo vozilo je

$$a = n * (th_i - th_c) \quad (3)$$

a – gubici na startu (s)

n – broj vozila za koji se vezuju gubici (4 ili 5)

th_i – prosečan interval sleđenja za prvih n vozila (s/voz)

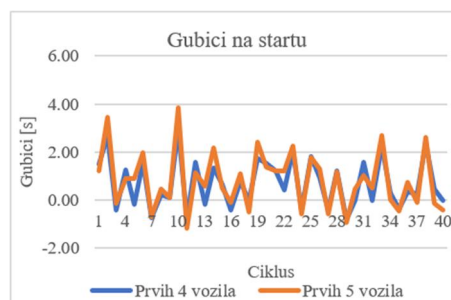
th_c – prosečan interval sleđenja za vozila koja red napuštaju intenzitetom zasićenog saobraćajnog toka (s/voz)

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U nastavku su prikazani rezultati istraživanja, vrednost gubitaka na startu i iskorišćenje žutog.

5.1. Raskrsnica u Nemačkoj

Istraživanjem su prikupljeni podaci za ukupno 40 ciklusa i pritom je obuhvaćen uzorak od ukupno 1.180 vozila. Podaci su analizirani posebno za obe trake namenjene tokovima pravo, ali za krajnje poređenje koriste se uprosečene vrednosti za obe trake. Prosečan interval sleđenja svih vozila u toku iznosi 2,31 sekunda. Na narednom grafiku se mogu videti i prosečni gubici na startu za četiri i pet vozila, gde je zabeleženo 13 ciklusa sa negativnim gubicima na startu.

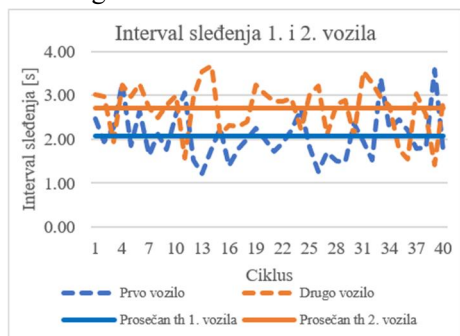


Grafikon 1 – Gubici na startu po ciklusima

Gubici na startu se nalaze u opsegu od minimalnih -1,19 s do maksimalnih 3,82 s, što se u oba slučaja beleži za prvih pet vozila u redu. U slučaju prvih pet vozila, standardno odstupanje iznosi 1,20 s. U slučaju posmatranja četiri vozila, standardno odstupanje iznosi 1,02 s, dok je minimalna vrednost gubitaka -0,84 s, a maksimalna 2,97 s. Sve ovo sumarno se može videti u narednoj tabeli.

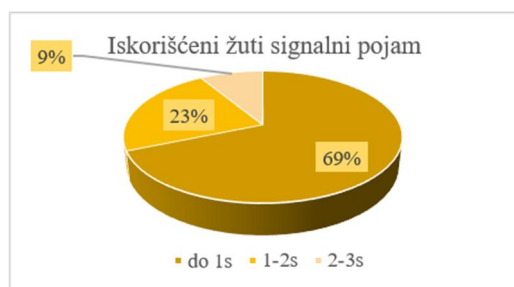
2,08 s, dok je za drugo 2,71 s. Ovo govori da je prvo vozilo spremnije na startu, odnosno da vozači često na pojavu crveno-žutog pojma pokreću svoja vozila. Na

narednom grafiku se može videti da je u najvećem broju ciklusa interval sleđenja prvog vozila manji u odnosu na drugo vozilo.



Grafikon 2 – Interval sleđenja prvog i drugog vozila u redu

Prosečno iskorišćenje žutog signalnog pojma u obe trake je 0,74 sekunde. U analizi iskorišćenja žutog su posmatrani ciklusi u kojima je do istog i došlo.



Grafikon 3 – Iskorišćenje žutog signalnog pojma

Najveći procenat iskorišćenja je do 1 sekunde (69%), zatim do 2 sekunde (22%) i do 3 sekunde (9%). Iskorišćenje žutog prikazano je na narednom grafiku.

Tabela 2. Gubici na startu

	Gubici na startu (s)			
	MIN	MAX	Prosek	Standardno odstupanje
Prvih 4 vozila (s)	-1,43	5,40	1,42	1,39
Prvih 5 vozila (s)	-0,70	5,60	1,68	1,44

Ono što je, i ovde, zanimljivo posmatrati jeste odnos između intervala sleđenja prvog i drugog vozila u redu. Prosečan interval sleđenja za prvo vozilo je 1,26, dok je za drugo 2,32 sekundi.

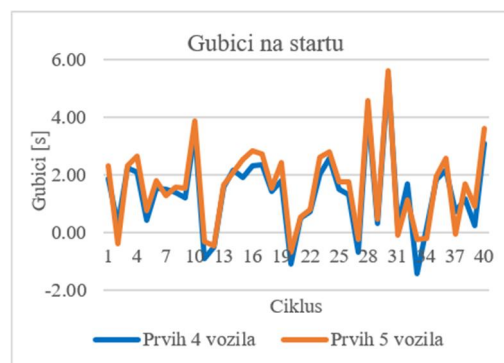
Razlika od 1 sekunde govori da je prvo vozilo dosta spremnije na startu, odnosno da vozači često na pojavu crveno-žutog pojma pokreću svoja vozila pa čak i kreću.

Na narednom grafiku se može videti da je u najvećem broju ciklusa interval sleđenja prvog vozila manji u odnosu na drugo vozilo.

5.2. Raskrsnica u Srbiji

Istraživanjem u Beogradu su prikupljeni podaci za ukupno 40 ciklusa u levoj i 26 ciklusa u desnoj traci za pravo i pritom je obuhvaćen uzorak od ukupno 1.900 vozila. Podaci su analizirani posebno za obe trake namenjene tokovima pravo, ali za krajnje poređenje koriste se uprosečene vrednosti za obe trake. Prosečan interval sleđenja svih vozila u toku iznosi 1,69 sekunde.

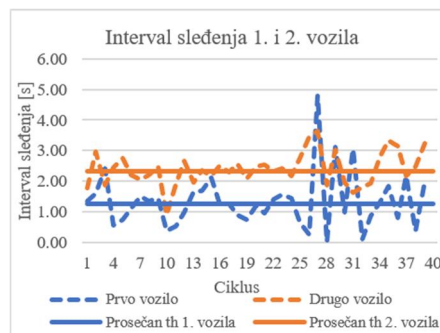
Na narednom grafiku se mogu videti i uprosečeni gubici na startu za četiri i pet vozila, gde se beleži 7 ciklusa sa negativnim gubicima na startu.



Grafikon 4 – Gubici na startu

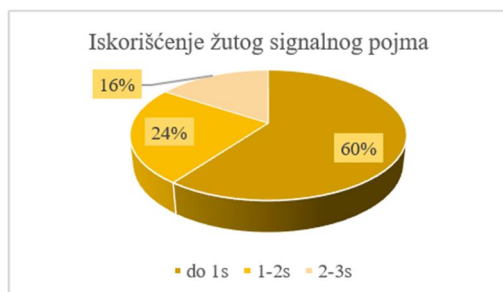
Gubici se nalaze u opsegu od minimalnih -0,70 do maksimalnih 5,60 sekundi što se u oba slučaja beleži za prvih pet vozila u redu. U ovom slučaju, za prvih pet vozila standardno odstupanje iznosi 1,44 s.

U slučaju posmatranja četiri vozila, standardno odstupanje iznosi 1,39 s, dok je minimalna vrednost gubitaka -1,43 s, a maksimalna 5,40 s (tabela 2).



Grafikon 5 – Interval sleđenja prvog i drugog vozila u redu

Prosečno iskorišćenje žutog signalnog pojma u obe trake je 0,87 sekundi. Analiza iskorišćenja žutog je rađena kao i u prethodnom slučaju. Najveći procenat iskorišćenja je do 1 sekunde (60%), zatim do 2 sekunde (24%) i do 3 sekunde (16%). Iskorišćenje žutog prikazano je na narednom grafiku.



Grafikon 6 – Iskorišćenje žutog signalnog pojma

5.3. Poređenje rezultata

Na raskrsnici u Nemačkoj su dobijene vrednosti prosečnog intervala sleđenja: za desnu traku 2,36 sekundi, za levu traku 2,26 sekundi. Prosečna vrednost intervala sleđenja za obe trake iznosi 2,31 sekunde. Na raskrsnici u Srbiji su dobijene vrednosti prosečnog intervala sleđenja: za desnu traku 1,73 sekundi, za levu traku 1,66 sekundi. Prosečna vrednost intervala sleđenja za obe trake iznosi 1,69 sekunde. Ovo pokazuje da je interval sleđenja u Nemačkoj za 0,62 sekunde veći nego u Srbiji. Vozači u Nemačkoj generalno održavaju veći razmak između vozila, što ukazuje na viši nivo discipline i poštovanja bezbednosnih rizika u odnosu na vozače u Srbiji. Veće razlike u intervalima sleđenja se upravo javljaju kod vozila koja red napuštaju vrednostima zasićenog saobraćajnog toka (vozila posle petog u redu). Intervali sleđenja prvih 12 vozila u redu se ponašaju slično. Interval sleđenja prvog vozila je manji, zatim intervali drugog i trećeg vozila su najveći i posle toga vrednosti se relativno smanjuju i približavaju prosečnoj vrednosti intervala

Tabela 3. Uporedna analiza gubitaka na startu

	Gubici na startu (s)			
	MIN	MAX	Prosek	Standardno odstupanje
Nemačka	-1,19	3,82	1,22	1,20
Srbija	-0,70	5,60	1,68	1,44

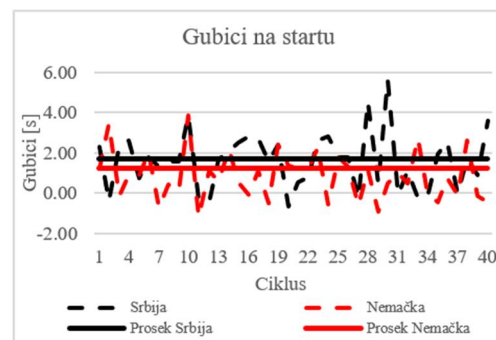
Ponašanje vozača u situacijama promene signalnog pojma sa zelenog na žuto je u obe zemlje prilično slično. Prosečna vrednosti iskorišćenja žutog u Nemačkoj iznosi 0,74 sekunde i u Srbiji 0,87 sekunde. Procenat iskorišćenja žutog se ostvaruje u 65% ciklusa u Nemačkoj, odnosno 62% ciklusa u Srbiji. U oba slučaja je najveće iskorišćenje do 1 sekunde, 69% u Nemačkoj i 60% u Srbiji, zatim od 1 do 2 sekunde 23% i 24% i od 2 do 3 sekunde 9% i 16% respektivno. Ovo

sleđenja, praveći sličan oblik dijagrama. Ovo se može videti na narednom grafiku.



Grafikon 7 - Intervali sleđenja prvih 12 vozila

Posmatrajući gubitke na startu, u oba slučaja su relevantniji podaci za prvih pet vozila u redu. Vrednost gubitaka na startu iznosi 1,22 sekunde u Nemačkoj i 1,68 sekundi u Srbiji. Razlika se može opravdati manjim intervalima sleđenja koje vozila u Beogradu ostvaruju nakon petog vozila, dok su u Nemačkoj te vrednosti veće i približnije. O tome govore i vrednosti standardne devijacije. Na narednom grafiku se mogu videti uporedo prikazani gubici na startu ostvareni u Nemačkoj i u Srbiji.



Grafikon 8 – Uporedna analiza gubitaka na startu

U narednoj tabeli se mogu videti i uporedni prikazi minimalnih i maksimalnih gubitaka na startu, njihove prosečne vrednosti i standardnog odstupanja.

ukazuje na agresivniju vožnju u Srbiji jer koriste žuto i u situacijama u kojima se mogu zaustaviti i time povećavaju rizik od nastanka nezgode.

Nakon što su utvrđene vrednosti gubitaka na startu i iskorišćenja žutog konačno se može utvrditi i vrednost efektivnog zelenog vremena prema formuli (1). Kao merodavna vrednost gubitaka na startu (a) uzima se vrednost za pet vozila u oba slučaja, 1,22 sekunde u Nemačkoj i 1,68 sekundi u Srbiji. Za vred-

nost iskorišćenja žutog (*b*) dobijena je vrednost od 0,74 sekunde u Nemačkoj i 0,87 sekundi u Srbiji. Efektivno zeleno vreme u Nemačkoj je za 0,48 sekundi manje od stvarnog zelenog vremena, dok je u Srbiji za 0,81 sekund manje od stvarnog.

6. ZAKLJUČAK

Dobijena vrednost efektivnog zelenog vremena u Nemačkoj se ne slaže sa navedenom definicijom efektivnog zelenog vremena prema HBS2015. Odnosno, dobijena vrednost efektivnog zelenog vremena nije za 1 sekundu veća od stvarnog zelenog vremena. Dobijena vrednost efektivnog zelenog vremena u Srbiji se poklapa sa ranijim istraživanjima u ovoj oblasti i još jednom potvrđuje da je efektivno zeleno vreme manje od stvarnog zelenog vremena.

Značaj utvrđivanja razlika između stvarnog i efektivnog zelenog vremena ogleda se u mogućnosti preciznijeg sagledavanja efikasnosti rada signalisanih raskrsnica. Proračunom parametara rada signala određuje se efektivno zeleno vreme, dok se u praktičnoj primeni stvarno zeleno vreme može prilagođavati na osnovu iskustva inženjera ili rezultata ranijih istraživanja.

Analiza utvrđenih razlika omogućava bolje podešavanje signalnih programa, povećanje efikasnosti saobraćaja i smanjenje zadržavanja vozila na raskrsnicama. Dobijene razlike, koje su manje od 1 sekunde na obe posmatrane lokacije, ukazuju na to da je iskorišćenost zelenog vremena relativno dobra i da nema značajnih gubitaka tokom vremena namenjenog prolasku vozila kroz raskrsnicu. Upravo mala razlika između stvarnog i efektivnog zelenog vremena predstavlja važan doprinos rada. Ipak, čak i manja odstupanja mogu imati određeni uticaj posmatrano u dužem vremenskom periodu i u uslovima većeg saobraćajnog opterećenja.

Treba uzeti u obzir da je ovo pilot istraživanje koje je sprovedeno na uzorku od samo dve raskrsnice, po jednom na obe lokacije. Takođe, važno je naglasiti i postojanje razlika posmatranom vršnom satu, vremenskim prilikama i parametru rada svetlosnih signala. U budućim istraživanjima važno je obuhvatiti veći uzorak, ali i smanjiti uticaj drugih potencijalnih faktora. Faktori koje treba uzeti u obzir, a koji prema istraživanjima utiču na vrednosti gubitaka na startu su veličina grada, nagib terena, širina trake, doba dana i ograničenje brzine. Sa druge strane, za analizu iskoriš-

ćenja žutog važno je uzeti u obzir parametre rada svetlosnih signala, odnosno postojanje trepćućeg zelenog svetla.

LITERATURA

- [1] Čelar N, Stanković S, Kajalić J. *Osnove upravljanja svetlosnim signalima*. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2020.
- [2] Çalışkanelli, S.P., Coşkun Atasever, F. i Tanyel, S. Start-up Lost Time and its Effect on Signalized Intersections in Turkey. *Promet – Traffic-&Transportation*, 29 (3), 321-329, 2017.
- [3] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, *Službeni glasnik Republike Srbije*, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 – odluka US, 55/2014, 96/2015 – dr. zakon, 9/2016 – odluka US, 24/2018, 41/2018, 87/2018, 23/2019, 128/2020, 76/2023.
- [4] Yang Z, Tian X, Wang W, Zhou X. & Liang H. Research on driver behavior in yellow interval at signalized intersections. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014(1), 518782, 2014.
- [5] Wu, N. Traffic Quality Assessment at Signalized Intersections - Procedures in the *New German Highway Capacity Manual* (HBS 2015). In CICTP 2015 (pp. 2474- 2485), 215.
- [6] Highway Capacity Manual Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, USA, 2010.
- [7] Nikolić T. A, Čelar N. Đ. & Stanković S. R. Effect of city size on start-up lost time at signalized intersections. *Tehnika*, 79(2), 199-206, 2024.
- [8] XVI, U. T. An investigation of the variability of start-up lost times and departure headways at signalized intersections in urban areas. *Urban Transport XVI: Urban Transport and the Environment in the 21st Century*, 111, 59, 2010.
- [9] Kocić A, Čelar N, Kajalić J. & Stanković S. Flashing green effects on traffic efficiency. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 66(2), 27-31, 2020.
- [10] Köll H, Bader M. & Axhausen K. W. Driver behaviour during flashing green before amber: a comparative study. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 273- 280, 2004.

SUMMARY

COMPARISON OF EFFECTIVE GREEN TIME IN DIFFERENT TRAFFIC SYSTEMS

In the management process, green time can be viewed from two aspects: real and effective green time. Real green time is defined as the time interval during which a certain signal group is displayed with a green signal term. Effective green time is defined as the period of time during which a continuous process of leaving the intersection approach, i.e. the process of clearing the queue at maximum intensity, can be realized. The aim of this paper is to determine the relationship between actual and effective green time in different traffic systems, i.e. in two locations: Germany and Serbia. At both locations, start-up lost time and utilization of the yellow signal were analyzed. Investigations were conducted for traffic lanes straight ahead. The research results show that in Germany the effective green time is 0,48 seconds less than the actual time, and the results in Serbia that the effective green time is 0,81 seconds less than the actual time.

Key Words: *effective green time, time headway, signalized intersection*