

# Analiza vremena slijeda vozila s utjecajem na propusnu moć i sigurnost prometa na raskrižju ulica Slavenska Avenija i 13.Vrbik u Gradu Zagrebu

---

**Smolko, Denis**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:303428>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-06**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

doc.dr.sc. Rajko Horvat

Denis Smolko  
JMBAG: 0135247240

Zagreb, Kolovoz 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 6. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**  
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa III**

**DIPLOMSKI ZADATAK br. 6478**

Pristupnik: **Denis Smolko (0135247240)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza vremena slijeda vozila s utjecajem na propusnu moć i sigurnost prometa na raskrižju ulica Slavonska Avenija i 13.Vrbik u Gradu Zagrebu**

**Opis zadatka:**

Vrijeme ciklusa i pojedinih faza prometnog svjetla značajan je čimbenik prometne funkcionalnost, razinu usluge te ostale mjere efikasnosti raskrižja. Ovisno o duljini ciklusa i faza kao i vremenu trajanja zelene faze mijenja se način i mogućnost pražnjenja prometnog toka koji se zaustavlja za vrijeme crvenog svjetla i akumuliranja vozila na stop crti. U diplomskom radu potrebno je obaviti istraživanje funkcionalne učinkovitosti pražnjenja prometnog toka na raskrižju u odnosu na raspodjelu vremena u toku ciklusa odnosno progresiji pojedine faze prometnog svjetla.

**Mentor:**

**Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:**

---

doc. dr. sc. Rajko Horvat

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

## DIPLOMSKI RAD

Analiza vremena slijeda vozila s utjecajem na propusnu moć i sigurnost prometa na raskrižju Slavonske avenije, Marohnićeve ulice i Ulice 13. Vrbika u Gradu Zagrebu

Analysis of time sequence of traffic flows and the influence on throughput and traffic safety at Slavonska Avenija, Marohnićeva Street and 13. Vrbik Street intersection in the City of Zagreb

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Denis Smolko

JMBAG: 0135247240

Zagreb, Kolovoz 2021.

## SAŽETAK

U diplomskom radu analizirano je vrijeme slijeda vozila i razina usluge raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Ulice Josipa Marohnića u Gradu Zagrebu kako bi se dobio uvid u uvjete odvijanja prometa na predmetnom raskrižju, na temelju kojih je moguće odrediti potrebne mjere za poboljšanje kvalitete odvijanja prometa.

U uvodu su opisani i objašnjeni osnovni elementi i značajke prometnog toka te odnosi između njih. Zatim je obavljena analiza prometno oblikovnih elemenata gradske mreže i raskrižja općenito. Na temelju podataka od Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske, obavljena je analiza prometnih nesreća uzimajući pri tome u obzir, vrstu prometne nesreće, posljedice prometne nesreće te uzroke nastajanja prometnih nesreća.

Zatim su naznačeni i opisani makropodručje te geoprometni položaj raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Ulice Josipa Marohnića.

Nakon obavljenog snimanja prometa u dva dana, 30.6.2021. godine i 2.7.2021. godine, u razdoblju od 08:00 do 09:00 u 5-minutnim intervalima, izračunata je propusna moć i razina usluge raskrižja te su određena vremena slijeda za vozila koja na istočnom privozu skreću lijevo (smjer Slavonska avenija – Ulica Josipa Marohnića) i za vozila koja skreću desno s istočnog privoza (smjer Slavonska avenija – Ulica 13. Vrbik), te su dobiveni rezultati uspoređeni s rezultatima iz prijašnjih istraživanja. Na temelju prikupljenih i izračunatih podataka, te provedenih analiza predložene su mjere za poboljšanje odvijanja prometa na predmetnom raskrižju.

Ključne riječi: sigurnost cestovnog prometa, prometne nesreće, vrijeme slijeda, propusna moć, razina usluge.

## SUMMARY

This master's thesis analyzes the headway and the level of service on the intersection of Slavonska avenue, 13. Vrbik Street and the Josip Marohnić Street in the City of Zagreb, in order to get an insight into the parameters of traffic flow which can then be used to improve the quality of the traffic flow.

The description and the relations between the basic parameters of traffic flow are provided in the introductory part of this master's thesis. Then, an analysis of basic intersection infrastructure is provided. Based on the data from the Ministry of internal affairs of the Republic of Croatia, an analysis of traffic accidents was conducted, taking into account the types of accidents, the consequences of accidents and the causes of these accidents.

The larger area of influence of the subject intersection is described.

Filming of the traffic flows has been conducted on two occasions, on the 30.6.2021. and the 2.7.2021., between 08:00 and 09:00 in 5 minute intervals, after which the analysis of the basic parameters of traffic flow was conducted, and the results have been compared to the results of previous research. Based on the results, certain measures are proposed in order to improve the quality of traffic flow.

Keywords: road traffic safety, traffic accidents, headway, maximum road capacity, throughput, level of service.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	OSNOVNI ELEMENTI PROMETNOG TOKA .....	3
2.1	Protok vozila (q).....	4
2.2	Gustoća prometnog toka.....	5
2.3	Brzina prometnog toka (v).....	6
2.3.1	Srednja prostorna brzina prometnog toka ( $v_s$ ).....	6
2.3.2	Srednja vremenska brzina prometnog toka .....	7
2.3.3	Brzina prometnog toka s obzirom na vrste prometnih tokova .....	7
2.4	Interval slijeđenja vozila .....	11
2.5	Razmak u slijeđenju vozila.....	12
2.6	Značajke prometnog toka.....	12
3.	ANALIZA PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA RASKRIŽJA .....	15
3.1	Elementi projektiranja gradske ulične mreže.....	16
3.2	Elementi projektiranja prometnih čvorišta .....	18
3.2.1	Preglednost raskrižja .....	19
3.2.2	Prolazni trakovi.....	23
3.2.3	Trakovi za usporavanje .....	23
3.2.4	Trakovi za ubrzavanje .....	24
3.2.5	Trakovi za skretanje ulijevo .....	25
3.2.6	Trakovi za skretanje udesno .....	26
3.2.7	Razdjelnici i prometni otoci.....	26
4.	ANALIZA PROMETNIH NESREĆA UZROKOVANIH VOŽNJOM NA NEDOVOLJNOJ UDALJENOSTI ...	29
5.	ANALIZA PROPUSNE MOĆI I RAZINE USLUGE .....	46
5.1	Geoprometne značajke i makropodručje raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohnićeve ulice .....	46
5.2	Propusna moć i razine usluge.....	47
5.2.1	Zasićeni prometni tok.....	49
5.2.2	Kapacitet grupe trakova .....	54
5.2.3	Stupanj zasićenja .....	54
5.2.4	Vrijeme kašnjenja .....	55
5.2.5	Duljina repa čekanja semaforiziranih raskrižja.....	57
5.3	Analiza propusne moći i razine usluge raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohnićeve ulice .....	59
5.3.1	Određivanje zasićenog prometnog toka prolazne grupe trakova.....	59

5.3.2	Analiza razine usluge istočnog privoza raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohničeve ulice .....	61
5.4	Usporedba rezultata .....	71
6.	ANALIZA VREMENA SLIJEDA PROMETNIH TOKOVA NA ISTOČNOM PRIVOZU RASKRIŽJA SLAVONSKE AVENIJE, ULICE 13. VRBIK I ULICE JOSIPA MAROHNIĆA.....	73
6.1	Rezultati brojanja prometa na predmetnom raskrižju.....	75
6.2.	Vremena slijeda lijevih i desnih skretača na raskrižju Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Ulice Josipa Marohnića.....	83
6.3	Statistička analiza prikupljenih podataka .....	84
7.	KOMPARATIVNA ANALIZA VREMENA SLIJEDA PROMETNIH TOKOVA NA ISTOČNOM PRIVOZU U 2019. GODINI I 2021. GODINI.....	87
7.1	Aritmetička sredina .....	87
7.2	Harmonijska sredina.....	88
7.3	Medijan.....	89
7.4	Standardna devijacija .....	91
7.5	Varijanca .....	92
8.	PRIJEDLOG MJERA POBOLJŠANJA PROPUSNE MOĆI I SIGURNOSTI PROMETA NA RASKRIŽJU SLAVONSKE AVENIJE, ULICE 13. VRBIK I ULICE JOSIPA MAROHNIĆA.....	94
9.	ZAKLJUČAK.....	96
	LITERATURA.....	98
	POPIS SLIKA .....	99
	POPIS TABLICA.....	101
	POPIS GRAFIKONA.....	103
	POPIS OZNAKA.....	105
	POPIS KRATICA .....	107



# 1. UVOD

Globalna urbanizacija gradova svakim danom generira sve veću prijevoznu potražnju. Mobilnost u gradovima postaje temeljni problem širom svijeta uzimajući u obzir postojeće modele života u ekonomskom, ekološkom i prostornom smislu koji danas postaju neodrživi. Za uspjeh i prosperitet gradova u budućnosti najbitniji su pješačka i biciklistička infrastruktura te zeleni prostori. Zbog prekomjerne uporabe osobnih vozila stvaraju se visoki eksterni troškovi, zbog čega je u urbanim područjima potrebno uvoditi prometnu politiku koja će svojim ciljevima, strategijama i mjerama omogućiti skladan, održiv i konkurentan razvoj urbanih cjelina. Kako bi se to postiglo prometni stručnjaci sve više teže osigurati visoku razinu mobilnosti i dostupnosti uz racionalno korištenje raspoložive prometne infrastrukture kako bi se postigli održivi prometni sustavi gradova.

Kako bi se efektivno i efikasno vodili prometni tokovi danas u svijetu postoje napredni sustavi upravljanja prometom u vidu raznih ITS rješenja koja pomažu u rješavanju prometnih zagušenja, incidentnih situacija, vremena čekanja i drugih. Putem senzora i video kamera moguće je detektirati vozila na prometnici, dobiti uvid u točan broj vozila, detektirati repove čekanja i zagušenja prometnog toka, detektirati vožnju u krivom smjeru, mjeriti vrijednosti vremena slijeda te bilježiti mnoge druge podatke u stvarnom vremenu.

S ciljem analiziranja utjecaja vremena slijeda na propusnu moć i razinu usluge na predmetnom raskrižju Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Ulice Josipa Marohnića, obavljeno je snimanje prometnih tokova te analiza prikupljenih podataka i usporedba rezultata sa rezultatima iz prijašnjih istraživanja. Mjerenje je obavljeno u dva navrata, radnim danima u jutarnjem vršnom satu između 08:00 i 09:00.

U drugom poglavlju su opisani i objašnjeni osnovni elementi prometnog toka i odnosi između njih s većim naglaskom na interval slijedenja vozila i brzine prometnog toka ovisno o vrsti prometnog toka. Detaljno su opisane značajke prometnog toka kako bi se detaljno opisao zadatak ovog diplomskog rada.

U trećem poglavlju obavljena je analiza prometno oblikovnih elemenata raskrižja zbog toga što sama konstrukcija raskrižja i pojedini elementi mogu imati značajan utjecaj na značajke prometnog toka. Primjerice, širina prometnih trakova može imati značajan utjecaj na

povećanje osjećaja sigurnosti no može izazvati kontraefekt povećanja brzine, izvedba i duljina trakova za lijevo i desno skretanje može značajno utjecati na protok vozila u tim trakovima.

U četvrtom poglavlju analizirane su prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti, na temelju podataka Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske, za razdoblje od 2010. godine do 2019. godine.

U petom poglavlju prikazano je makropodručje predmetnog raskrižja i geoprometni položaj raskrižja, a zatim je obavljena analiza propusne moći i razine usluge na temelju smjernica iz Highway Capacity Manual - a (HCM). Detaljno su opisane formule i pojedini dijelovi formula te uvjeti za ocjenu razine usluge predmetnog raskrižja, to jest istočnog privoza predmetnog raskrižja.

U šestom poglavlju su detaljno analizirana vremena slijeda vozila koja skreću lijevo, smjer Slavonska avenija – Ulica Josipa Marohnića, i desno, Slavonska avenija – Ulica 13. Vrbik, sa istočnog privoza. Snimanje prometa obavljeno je 30.6.2021. godine i 2.7.2021. godine, nakon čega su vozila sa snimke prebrojana i određena su vremena slijeda i izrađena statistička analiza na temelju prikupljenih podataka.

U sedmom poglavlju komparirani su rezultati vremena slijeda i vrijednosti statističke analize dobiveni u ovom diplomskom radu sa rezultatima iz prijašnjeg istraživanja obavljenog 2019. godine.

U osmom poglavlju, na temelju svih prikupljenih podataka i proračuna dan je kratak osvrt na odvijanje prometnih tokova na raskrižju i dati su prijedlozi za poboljšanje propusne moći i razine usluge na predmetnom raskrižju.

U zaključku je ukratko izložena sinteza svih relevantnih spoznaja, podataka, činjenica i teorija koji su opširnije obrađeni u analitičkom dijelu diplomskog rada.

## 2. OSNOVNI ELEMENTI PROMETNOG TOKA

Kod proučavanja načina kretanja vozila razlikujemo kretanje pojedinačnog vozila i kretanje vozila u prometnom toku. Za razliku od kretanja pojedinačnog vozila, na uvjete kretanja vozila u prometnom toku utječe međusobna interakcija između vozila.

Kretanje vozila na putu najvećom sigurnom brzinom koja ovisi isključivo o karakteristikama ceste bez interakcije s drugim vozilima naziva se kretanje pojedinačnog vozila. Osnovni parametri za opisivanje kretanja pojedinačnog vozila su:

- Vrijeme ( $t$ )
- Put ( $s$ )
- Brzina ( $v$ )
- Ubrzanje ( $a$ )
- Impuls ( $k, a'$ ) [1]

„Prometni tok je istovremeno kretanje više vozila na putu u određenom poretku.“ [1]

Glavni pokazatelji za opisivanje prometnih tokova su:

- Protok vozila ( $q$ )
- Gustoća prometnog toka ( $g$ )
- Brzina prometnog toka ( $v$ )
- Vrijeme putovanja vozila u toku ( $t$ )
- Jedinično vrijeme putovanja vozila u toku
- Vremenski interval slijeđenja vozila u toku ( $t_h$ )
- Razmak slijeđenja vozila u toku ( $s_h$ ) [2]

## 2.1 Protok vozila (q)

„Protok vozila podrazumijeva broj vozila koja prođu kroz promatrani presjek prometnice u jedinici vremena, u jednom smjeru za jednosmjerne prometnice ili u oba smjera za dvosmjerne prometnice“. [1] Protok vozila računa se prema formuli (1)

$$q [\text{voz/h}] = g [\text{voz/km}] * V [\text{km/h}] \quad (1)$$

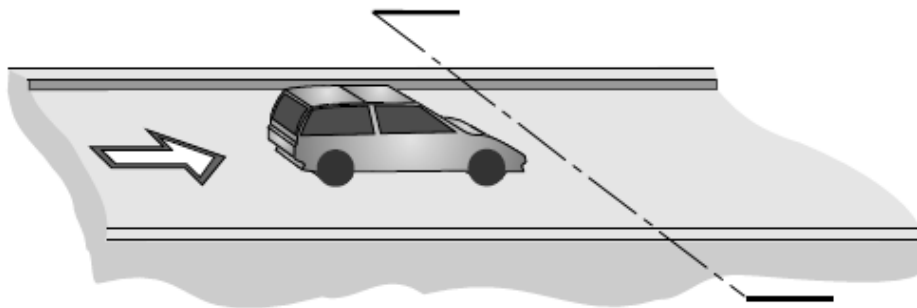
Pri čemu je:

- q - protok vozila
- g – gustoća prometnog toka
- V – brzina prometnog toka

Simbol za označavanje protoka je q (voz/h), no mogu se koristiti i simboli PGDP (voz/dan), PDP (voz/24h) i DP (voz/24h).

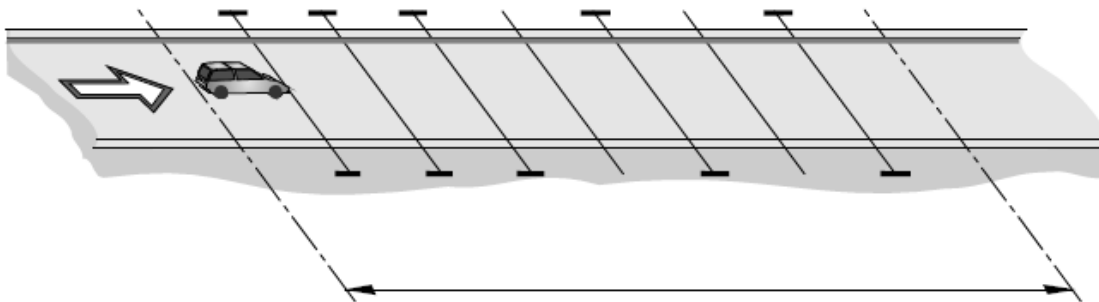
Osnovna mjerna jedinica za iskazivanje protoka vozila je broj vozila u jednom satu (voz/h), no moguće je koristiti i veće vremenske jedinice npr. dan (voz/24h), i manje vremenske jedinice od jednog sata poput minute (voz/min) i sekunde (voz/s)

Ovisno o načinu promatranja realnih tokova u odnosu na prostor razlikuju se protok vozila na presjeku vidljiv na slici 2-1. i protok vozila na dionici ceste vidljiv na slici 2-2.



Slika 2-1. Protok vozila na presjeku

Izvor: [2]



Slika 2-2. Protok vozila na dionici

Izvor: [2]

## 2.2 Gustoća prometnog toka

„Gustoća prometnog toka je broj vozila na jedinici duljine prometnice, po prometnoj traci, po smjerovima za jednosmjerne prometnice, odnosno u oba smjera za dvosmjerne prometnice.“ [2]

U praksi gustoća prometnog toka predstavlja broj vozila po jedinici dužine promatrane dionice u trenutku promatranja ili broj vozila po jedinici duljine promatrane dionice kao aritmetička sredina više promatranja u nekom vremenu.

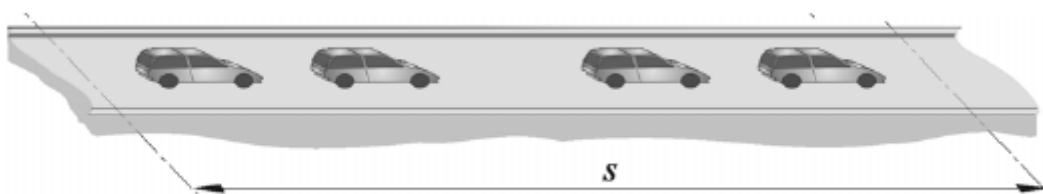
Gustoća prometnog toka računa se prema formuli (2) i prikazana je na slici 2-3.

$$g [\text{voz}/\text{km}] = \frac{N [\text{voz}]}{S [\text{km}]} \quad (2)$$

Pri čemu je:

N – broj vozila u prometnom toku na promatranom dijelu puta u određenom trenutku

S – duljina dijela u kilometrima [2]



Slika 2-3. Gustoća prometnog toka na promatranj dionici S

Izvor: [2]

## 2.3 Brzina prometnog toka (v)

Brzina prometnog toka predstavlja srednju vrijednost brzina svih vozila koja sudjeluju u prometnom toku. S obzirom na način promatranja protoka u odnosu na prostor i vrijeme koriste se pojmovi srednja prostorna brzina toka i srednja vremenska brzina toka.

„Srednja prostorna brzina toka, koja je analogno gustoći prostorno vezana za odsjek puta (S), a vremenski za trenutak.“ [1]

„Srednja vremenska brzina toka, koja je analogno protoku vozila prostorno vezana za presjek puta, a vremenski za period promatranja (T).“ [1]

### 2.3.1 Srednja prostorna brzina prometnog toka ( $v_s$ )

Srednja prostorna brzina još se naziva i srednja trenutna brzina i predstavlja aritmetičku sredinu brzina svih vozila u prometnom toku na promatranjoj dionici ceste.

Srednja prostorna brzina prometnog toka računa se prema formuli (3), a način promatranja i mjerenja srednje prostorne brzine na dionici prikazan je na slici 2-4.

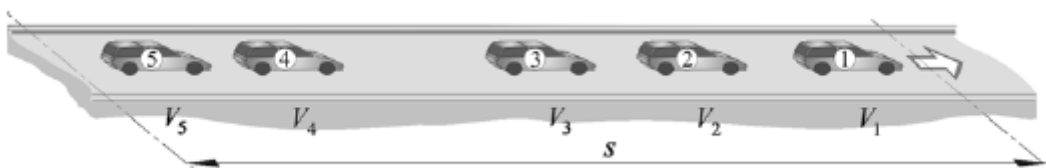
$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n} \quad [\text{km/h}] \quad (3)$$

Pri čemu je:

$v_s$  – srednja prostorna brzina prometnog toka

$v_i$  – brzine svih vozila na promatranjoj dionici

$n$  – ukupan broj vozila na promatranjoj dionici



Slika 2-4. Način mjerenja srednje prostorne brzine na promatranjoj dionici

Izvor: [2]

### 2.3.2 Srednja vremenska brzina prometnog toka

„Srednja vremenska brzina prometnog toka predstavlja aritmetičku sredinu brzina svih vozila u prometnom toku koja prolaze kroz promatrani presjek puta, u određenom periodu vremena.“ [1]

Matematički izraz srednje vremenske brzine prometnog toka prikazan je formulom (4) a način mjerenja srednje vremenske brzine prometnog toka prikazan je na slici 2-5.

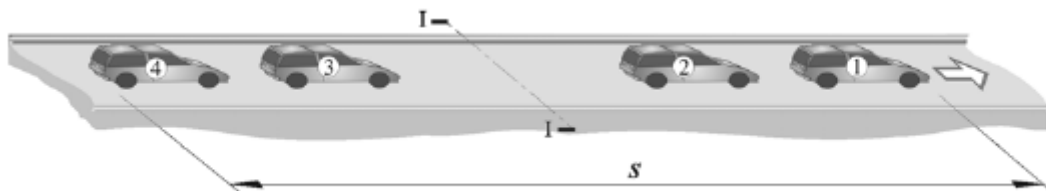
$$\bar{v}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i \text{ [km/h]} \quad (4)$$

Pri čemu je:

$v_t$  – srednja vremenska brzina prometnog toka

$N$  – broj vozila na promatranom presjeku

$v_i$  – brzine vozila na promatranom presjeku



Slika 2-5. Način mjerenja srednje vremenske brzine prometnog toka

Izvor: [2]

### 2.3.3 Brzina prometnog toka s obzirom na vrste prometnih tokova

Ovisno o uvjetima kretanja vozila u prometnom toku i s obzirom na stupanj interakcijskog utjecaja razlikujemo sljedeće nazive za srednju prostornu i srednju vremensku brzinu prometnog toka.

1. Brzina slobodnog toka – podrazumijeva da se sva vozila u prometnom toku na promatranom odsjeku kreću u identičnim ili sličnim uvjetima kretanja, i između njih nema nikakve interakcije, takvi uvjeti vidljivi su na slici 2-6.



Slika 2-6. Uvjeti slobodnog prometnog toka

Izvor: [3]

2. Brzina normalnog toka – na uvjete kretanja vozila utječe međusobna interakcija između vozila pa tok može biti stabilan, polustabilan i nestabilan, takvi uvjeti prikazani su na slici 2-7.





Slika 2-7. Uvjeti normalnog prometnog toka

Izvor: [3]

3. Brzina zasićenog toka – još se naziva i brzina pri kapacitetu, sva vozila se kreću približno jednakom brzinom, vidljivo na slici 2-8.



Slika 2-8. Uvjeti zasićenog prometnog toka

Izvor: [3]

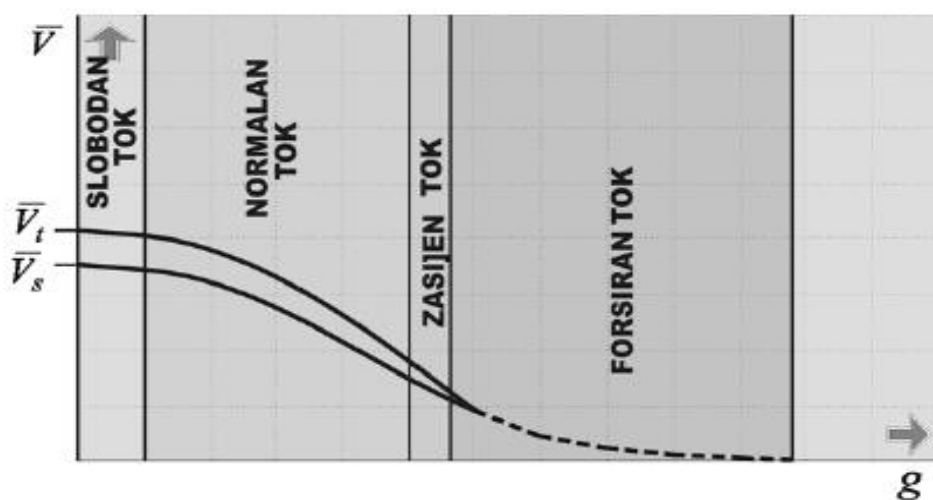
4. Brzina forsiranog toka – brzine svih vozila gotovo jednake i osciliraju između vrijednosti brzine zasićenog toka i nule, takvi uvjeti javljaju se kod prisilnog prometnog toka tj. prometnim zagušenjima, kao što je vidljivo na slici 2-9.



Slika 2-9. Uvjeti forsiranog prometnog toka

Izvor: [3]

Na slici 2-10. prikazan je grafički prikaz srednje prostorne i srednje vremenske brzine s obzirom na vrstu prometnog toka.



Slika 2-10. Vrijednosti srednje prostorne i srednje vremenske brzine ovisno o vrsti prometnog toka

Izvor: [3]

## 2.4 Interval slijeđenja vozila

Prema HCM – u interval slijeđenja vozila u prometnom toku predstavlja vrijeme između prolaska dva uzastopna vozila kroz zamišljeni presjek promatranog odsjeka puta mjereno od iste točke na vozilu npr. prednji branik najčešće kod prekinutih prometnih tokova kao što su raskrižja ili prednja osovina vozila za neprekinute prometne tokove npr. na autocesti. U bilo kojem prometnom toku interval slijeđenja vozila poprima vrijednosti koje ovise o brzini prometnog toka i uvjetima prometnog toka. Osnovni je indikator kvalitete prometnog toka. Ovisno o načinu promatranja toka u odnosu na prostor i vrijeme razlikujemo:

- a) Interval praćenja pojedinačno za  $N$  vozila koja u periodu vremena  $T$  prođu promatrani presjek puta
- b) Srednja vrijednost intervala praćenja na promatranom presjeku puta za  $N$  vozila u vremenu  $T$
- c) Interval slijeđenja na dionici puta, kao aritmetička sredina intervala praćenja na  $m$  promatranih presjeka puta u vremenu  $T$  [1]

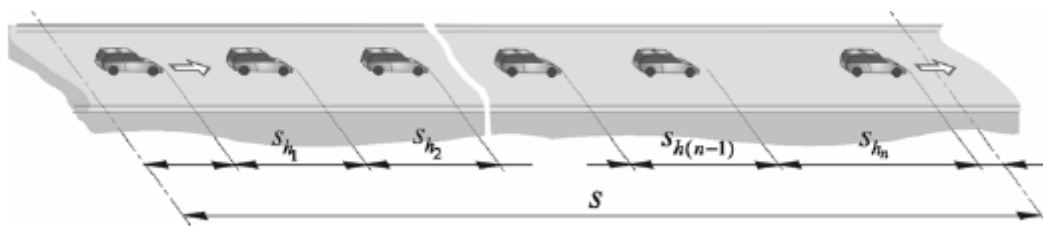
Mjerna jedinica za interval slijeđenja vozila je sekunda, a simbol za označavanje je  $t_h$ .

Interval slijeđenja vozila moguće je određivati za prekinute i neprekinute tokove korištenjem uređaja za mjerenje vremena, štoperica ili slično. Kod prekinutih prometnih tokova, interval slijeđenja vozila može se promatrati kada vozila prelaze STOP liniju na raskrižju. Prvi interval je vrijeme u sekundama koje protekne od trenutka kada se upali zeleni signal na semaforu do prolaska prednjih kotača prvog vozila preko stop linije. Prvi interval najčešće je najduži zbog toga što vozač prvog vozila mora čekati da započne zelena faza, zatim mora otpustiti kočnicu i ubrzati vozilo da prođe kroz raskrižje. Drugi interval slijeđenja je vrijeme koje protekne između prelaska prednjih kotača prvog vozila preko stop linije do prelaska prednjih kotača drugog vozila preko stop linije. Reakcija drugog vozila na paljenje zelenog svjetla i pokretanje vozila nešto su brži nego kod prvog vozila i oni se događaju kad prvo vozilo već krene što znači da pri prelasku preko stop linije drugo vozilo postigne veću brzinu nego prvo vozilo što znači da je i vremenski interval nešto manji nego kod prvog vozila. Nakon četvrtog vozila utjecaj vremena reakcije i kretanja gotovo se gubi i sva naknadna vozila

prolaze kroz stop liniju sličnim brzinama što znači da je i vremenski interval relativno konstantan.

## 2.5 Razmak u slijeđenju vozila

Prostorni razmak između dvije iste točke na dva uzastopna vozila npr. razmak između prednjeg branika prvog vozila i prednjeg branika vozila koje ga slijedi, kao što je vidljivo na slici 2-11.



Slika 2-11. Razmak u slijeđenju vozila

Izvor: [2]

Mjerna jedinica za razmak u slijeđenju vozila su metri a koristi se oznaka  $S_h$ .

## 2.6 Značajke prometnog toka

Značajnije osobitosti prometnog toka služe za što potpunije opisivanje prometnih tokova i proučavanje zakonitosti kretanja motornih vozila u prometnim tokovima a najvažniji su složenost prometnog toka, opći uvjeti odvijanja prometa, sastav ili struktura prometnog toka i vremenska neravnomjernost prometnog toka.

Sa stajališta složenosti, prometni tok može biti jednostavan i složen. Jednostavan prometni tok sastoji se od jednog niza vozila koja se kreću u jednom pravcu i u jednom smjeru i kao takav ima značenje baznog (mjerodavnog) toka za definiranje teorijskih relacija između osnovnih parametara prometnog toka. Složeni prometni tok sastoji se od dvaju ili više jednostavnih prometnih tokova koji s obzirom na međusobne odnose i nizova i smjerova mogu biti paralelni u istom ili suprotnom smjeru, mogu se međusobno ispreplitati i mogu se međusobno sjeći, ulijevati ili odlijevati.

„S obzirom na uvjete odvijanja prometa prometni tokovi mogu biti neprekinuti, neprekinuti ali djelomično ometani i povremeno prekinuti tokovi.“ [1] Neprekinuti tokovi su

oni kod kojih na uvjete kretanja vozila utječe samo njihova međusobna interakcija koja je ovisna o gustoći prometa, a koje je moguće ostvariti samo na dionicama autoceste i oni predstavljaju osnovi za definiranje relacija između osnovnih parametara prometnog toka. Kod neprekinutih ali djelomično ometanih tokova na uvjete kretanja vozila utječe međusobna interakcija i promjene prometnih traka prilikom ulijevanja ili izlijevanja kakvi se u realnim tokovima pojavljuju u zonama prometnih čvorišta gdje su križanja pravaca denivelirana. Povremeno prekinuti tokovi se pojavljuju kod križanja pravaca u istoj razini, pri čemu na kretanje vozila utječe osim međusobne interakcije i potreba za vremenskom podjelom prava korištenja istih prometnih površina prometnih tokova koji se sijeku.

„S obzirom na sastav ili strukturu, prometni tok može biti: homogeni ili nehomogeni (mješoviti) tok.“ [1] Realni prometni tokovi su nehomogeni, i s porastom stupnja nehomogenosti pogoršavaju se uvjeti u prometnom toku zbog različitih dimenzija svih vozila te različitih vozno-dinamičkih karakteristika vozila. Idealan – homogeni prometni tok praktično ne postoji ali ima značenje mjerodavnog toka za definiranje fundamentalnih relacija između osnovnih parametara prometnog toka. Kako bi se istražili i odredili realne vrijednosti osnovnih parametara potrebno je nehomogeni tok pretvoriti u uvjetno homogeni tok pomoću ekvivalenata ( $E_i$ ) kojima se množe pojedine vrste vozila iz sastava toka. Pojedine vrste vozila transformiraju se u ekvivalentne jedinice putničkih automobila. Tako je:

- Za motocikle ( $E < 1$ )
- Za putničke automobile ( $E = 1$ )
- Za sva ostala vozila ( $E > 1$ )

Vremenska neravnomjernost protoka vozila predstavlja varijacije u prometnom toku kao posljedicu premještanja ljudi i dobara u procesu društvenih i privrednih aktivnosti na nekom području ali može biti uzrokovana poremećajima na mreži npr. uska grla, vremenske i klimatske neprilike. Za potrebe prakse izrazito su bitni ciklični zahtjevi za prijevozom ljudi i dobara koji se iskazuju kroz:

- Satna neravnomjernost u tijeku jednog dana (24 sata)
- Satna neravnomjernost u tijeku cijele godine (8760 sati)
- Dnevna neravnomjernost u tijeku tjedna (7 dana)
- Dnevna neravnomjernost u tijeku mjeseca

- Dnevna neravnomjernost u tijeku cijele godine
- Mjesečnu neravnomjernost u tijeku cijele godine
- Neravnomjernost protoka po manjim vremenskim jedinicama od jednog sata u

okviru vršnog sata

[1]

### 3. ANALIZA PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA RASKRIŽJA

Cestovni promet odvija se cestovnom mrežom koju je moguće podijeliti s obzirom na:

- Društveno – gospodarsko značenje
- Vrstu prometa kojemu je namijenjena
- Svrhu i prometno značenje
- Veličinu motornog prometa
- Teren kojim cesta prolazi [4]

Sav gradski promet odvija se gradskom uličnom mrežom koja se prema funkcionalnom obilježju, ceste se mogu podijeliti na:

- Brze ceste
- Gradske ceste
- Magistralne ulice
- Zbirne ulice
- Ulice u stambenim naseljima
- Ostale prometne površine [4]

Brze ceste služe za povezivanje šire regije s određenim naseljem, karakterizira ih velika propusna moć i s ostalim prometnicama se križaju u dvije ili više razina. Gradske ceste povezuju gradove s regionalnim središtima a dijele se na primarne i sekundarne. „Primarne gradske ceste namijenjene su mješovitom prometu, izvode se za računsku brzinu  $V_R = 80$  km/h. Dvosmjerni kolnici su međusobno odvojeni razdjelnim pojasom a biciklistički se promet odvija na posebnoj traku.“[4]

„Highway capacity manual (HCM) predstavlja standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica.“ [5] Služi za proračun propusne moći, kapaciteta te razine usluge raskrižja ili dionica cesta i drugog.

Osnovni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom modeliranja i oblikovanja raskrižja u razini su prometno opterećenje i struktura prometnog toka, mjerodavno vozilo, geometrija kretanja vozila i projektna brzina. „Na osnovu kretanja prometnih odabire se broj i raspored prometnih trakova, na osnovu projektne brzine širina trakova, dok se na osnovu mjerodavnog vozila (geometrije kretanja vozila) vrši oblikovanje elemenata raskrižja, pri čemu

dimenzije mjerodavnog vozila moraju udovoljavati važećim zakonskim propisima i bit usklađene s međunarodnim preporukama.“ [5]

Osnovna mjerila za provjeru visokih zahtjeva odabir mjesta, načina rješavanja raskrižja, projektiranja i uporabe raskrižja su sljedeća:

- Sigurnost prometa
- Kvaliteta odvijanja prometa
- Utjecajnost na okolinu i okoliš
- Ekonomičnost rješenja [6]

### 3.1 Elementi projektiranja gradske ulične mreže

Glavni elementi poprečnog presjeka gradskih ulica su:

- Kolnici
- Pločnici
- Biciklističke staze
- Zeleni pojasevi (razdjelni trakovi)
- Tramvajske pruge [4]

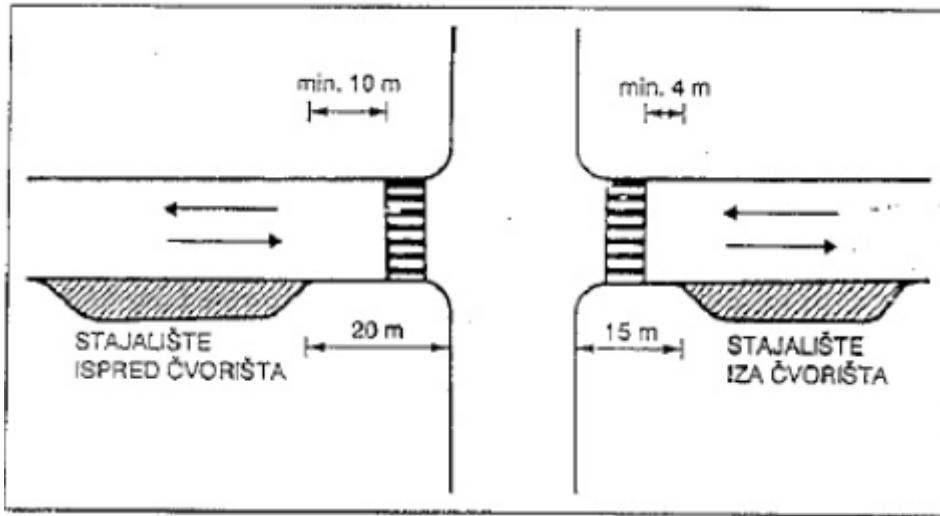
Kolnici najčešće imaju dva ili više prometna traka čija širina ovisi o računskoj brzini. Ukoliko kolnik ima više od četiri vozna traka potrebno je smjerove odvojiti razdjelnim trakom širine 4,00 m. Iskustveno, širine prometnih trakova razlikuju se ovisno o tipu prometnice i najčešće iznose:

- Na brzim cestama: 3,65 m
- Na gradskim cestama: 3,65 m
- Na zbirnim cestama: 3,65 m
- U industrijskim područjima: 3,65 m
- U lokalnim poslovnim područjima: 3,45 – 3,50 m
- U stambenim područjima: 3,00 – 3,10 m [4]

Slobodni profil kolnika određen je širinom kolnika kojoj se dodaju dvije zaštitne širine od 0,65 m, pa tako visina slobodnog profila iznosi od 4,5 do 5,5 m za ulice u kojima je predviđen promet tramvaja ili trolejbusa. „Radi osiguranja potrebne preglednosti u horizontalnim



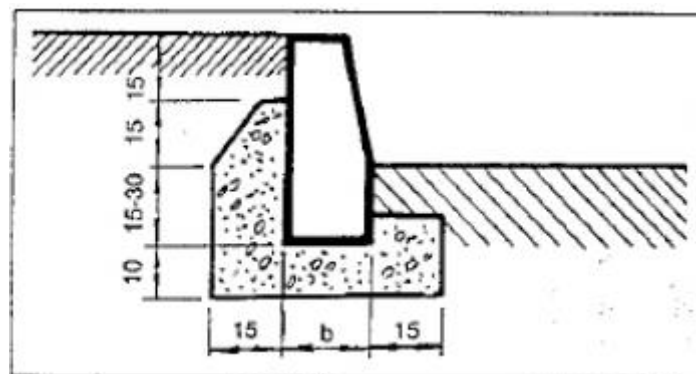
zavojima, visina zapreke ne smije biti veća od 0,6 m.“ [4] Stajališta autobusa i tramvaja smještaju se u blizini križanja sa semaforima, najčešće su postavljena nakon semafora u smjeru vožnje no postoje i iznimke koje moraju biti izvedene u skladu sa skicom na slici 3-1.



Slika 3-1. Smještaj stajališta u blizini raskrižja

Izvor: [4]

Visina slobodnog profila pločnika je 2,5 m, širina iznosi između 2 do 5 m ovisno o smještaju, i pločnik mora biti izveden nadvišen prema kolniku s ugrađenim rubnjacima kako je prikazano na slici 3-2.



Slika 3-2. Izvođenje pločnika u odnosu na prometnicu

Izvor: [4]

Tramvajske pruge mogu biti smještene uz rub kolnika s obje strane za jednosmjerni promet, smještene u sredini kolnika za dvosmjerni promet ili na jednoj strani uz rub kolnika za

dvosmjerni promet. Širina kolnika za tramvaje iznosi od 3,0 do 3,2 m od čega je širina tramvaja 2,2 m i dodatna zaštitna širina sa svake strane od 0,4 do 0,5 m. Najmanji polumjer zavoja tramvajske pruge je  $R = 25$  m, a uzdužni nagib ne bi smio biti veći od 6%." [4]

### 3.2 Elementi projektiranja prometnih čvorišta

Postupak projektiranja raskrižja u razini provodi se prema njemačkim smjernicama u tri koraka:

1. Oblikovanje pojedinih elemenata raskrižja (prometni otoci, rubovi kolnika) i njihovo sastavljanje u građevinsko – prometni projekt (koncept) raskrižja
2. Provjera trajektorija provoznosti projektiranog raskrižja mjerodavnim vozilom
3. Ispravljanje projektnih elemenata raskrižja [5]

Glavni kriteriji pri izgradnji prometnog čvorišta su sigurnost, kvaliteta odvijanja prometa, ekonomičnost i utjecaj na okolinu i okoliš.

Sigurnost je najvažniji kriterij jer pravilnim oblikovanjem raskrižja u fazi projektiranja može se značajno utjecati na cjelokupnu sigurnost raskrižja i svih sudionika u prometu na tom raskrižju.

Kvaliteta odvijanja prometa tj. propusna moć (kapacitet) koja se proračunava za čvorište u istoj razini. Razlikuje se osnovna, moguća i planirana, pri čemu planirana propusna moć iznosi 75% moguće propusne moći.

Ekonomičnost rješenja jedan je od najtežih kriterija koje je potrebno zadovoljiti zbog čestog sukoba između kvalitete izgradnje i cijene izgradnje, zbog toga je prije konačne odluke potrebno provesti velik broj komparacija i procjenjivanja različitih potencijalnih varijanti rješenja kvantificiranjem troškova izgradnje i troškova korisnika. Troškovi izgradnje podrazumijevaju troškove održavanja i građenja, dok su troškovi korisnika vremenski i eksploatacijski troškovi, troškovi prometnih nezgoda itd.

Utjecaj raskrižja na okoliš i okolinu podrazumijeva da raskrižje u što manjoj mjeri narušava krajolik tj. voditi brigu o tome da se ono estetski uklapa u okolni krajolik, ne povećavati značajno razine buke i zagađenja okoliša te smanjiti okupiranost i razdvajanje površina zemljišta racionalnim trošenjem površina, posebice onih u blizini naselja. Svi ti elementi ponekad su u direktnom sukobu sa ekonomičnosti projektiranog rješenja.

Osnovni elementi projektiranja prometnih čvorišta su:

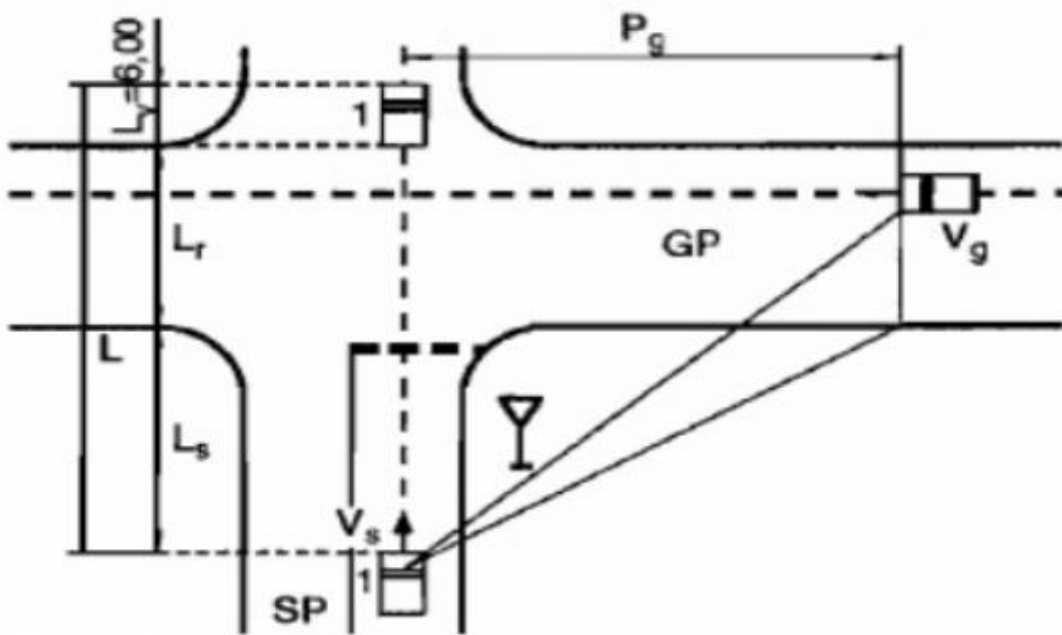
- Preglednost čvorišta
- Vozni trakovi
- Trakovi za usporavanje
- Trakovi za ubrzavanje
- Trakovi za lijevo i desno skretanje
- Prometni otoci i pješačke ograde
- Nagibi i polumjeri zavoja [6]

Osnovna načela pri oblikovanju čvorišta su:

- Vidljivost – raskrižje mora biti lako uočljivo što se postiže odgovarajućom prometnom signalizacijom i rasvjetom
- Preglednost – za pravovremeno uočavanje opasnosti
- Prilagodljivost – što jednostavnije rješenje vođenja prometnih tokova i pravilno obilježeno
- Protočnost – prilagođenost uvjetima vožnje, nastavljanje smjerova vožnje te što bolje optičko vođenje prometnih tokova

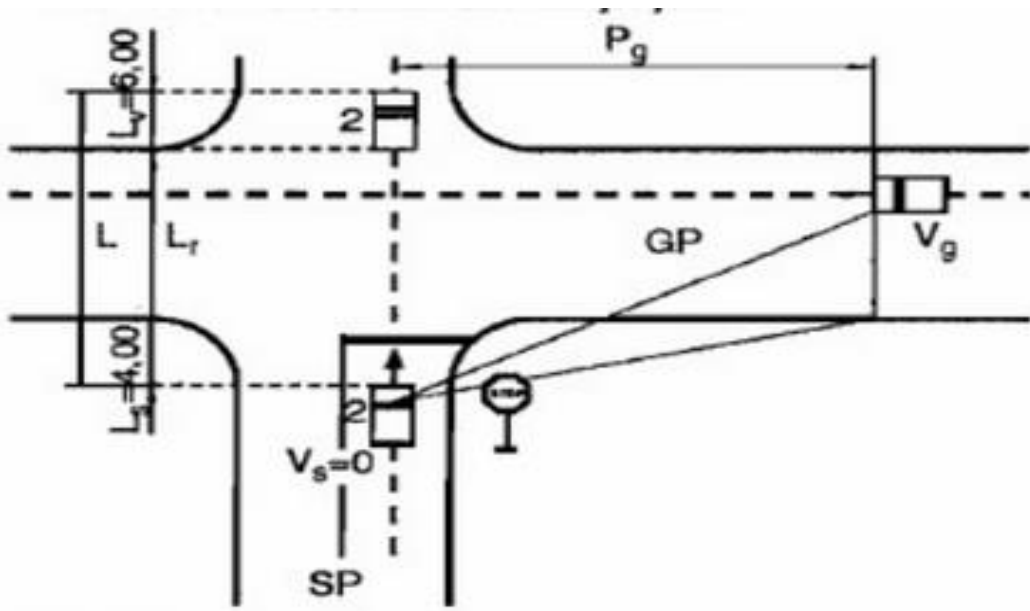
### 3.2.1 Preglednost raskrižja

Raskrižja se grade na dionicama ceste u pravcu ili s minimalnim uzdužnim nagibom, maksimalno do 4%, dok poprečni nagib ne smije biti veći od 3,5%. Duljina preglednosti  $L_p$  mora osigurati dovoljno vremena da vozač sa sporedne ceste može pravovremeno uočiti stanje na glavnoj cesti te pravovremeno i sigurno reagirati na bilo kakve smetnje na križanju. Određuje se za slučaj kada se vozilo na sporednom smjeru ne mora nužno zaustaviti kao što je prikazano na slici 3-3. i za slučaj kada se vozilo na sporednom smjeru nužno mora zaustaviti što je vidljivo na slici 3-4.



Slika 3-3. Potrebna duljina preglednosti kada se vozilo na sporednom privozu ne mora nužno zaustaviti

Izvor: [6]



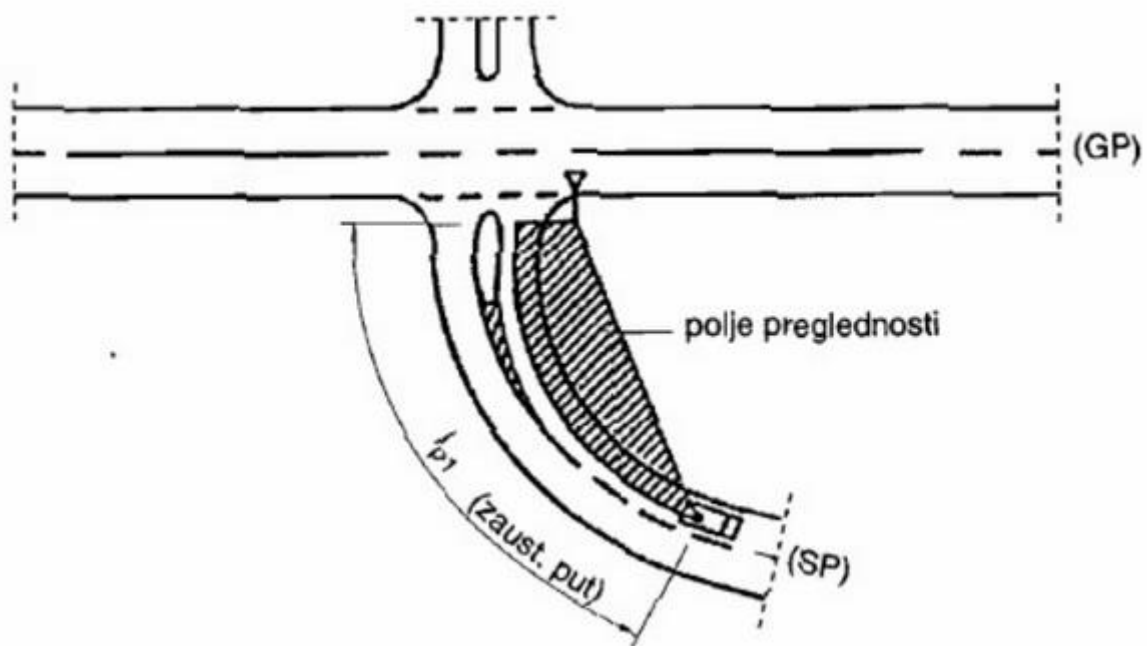
Slika 3-4. Potrebna duljina preglednosti u slučaju kada se vozilo na sporednom privozu mora nužno zaustaviti

Izvor: [6]

Za sigurno odvijanje prometa potrebno je provjeriti i polja preglednosti kako za vozače tako i za ostale sudionike u prometu, u prvom redu za pješake i bicikliste.

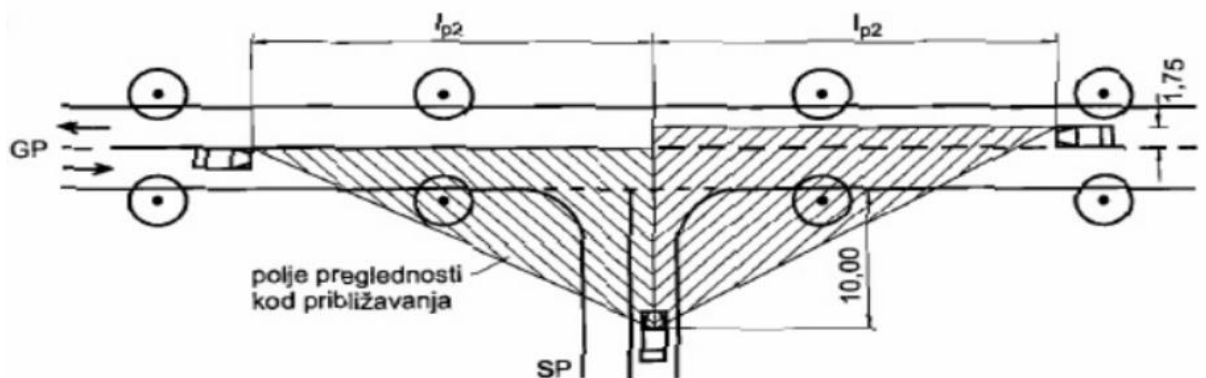
Mjerodavna polja preglednosti su:

- Zaustavna preglednost - prikazana na slici 3-5.
- Preglednost kod približavanja raskrižju – prikazana na slici 3-6.
- Privozna preglednost – prikazana na slici 3-7.
- Preglednost za pješake i bicikliste – prikazane na slici 3-8. i 3-9.



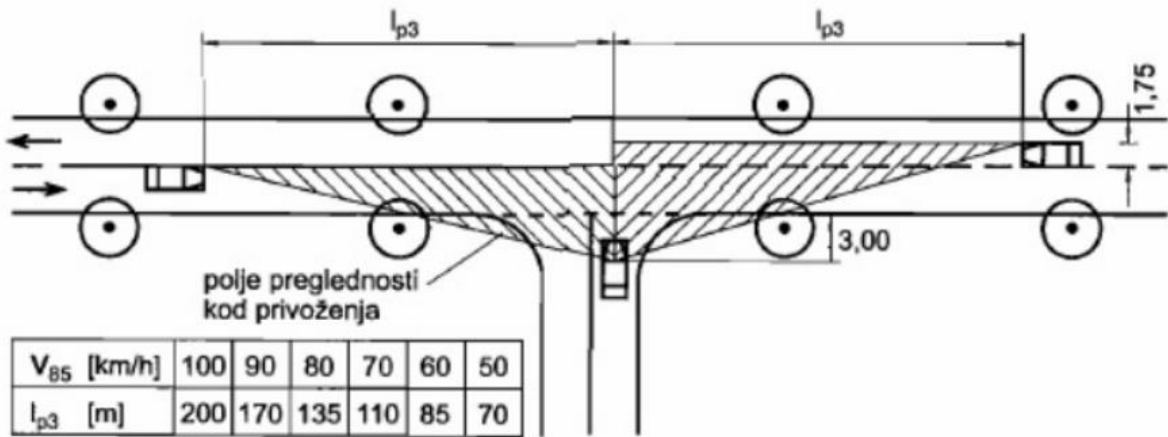
Slika 3-5. Polje zaustavne preglednosti

Izvor: [6]



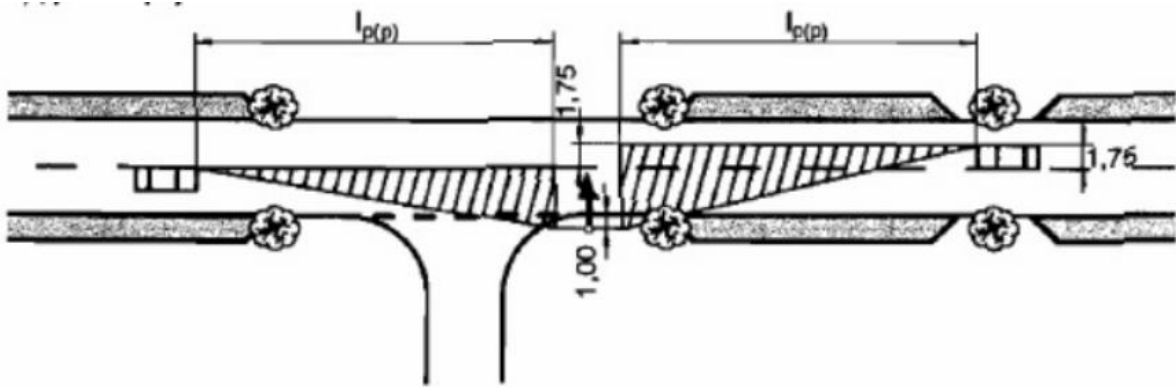
Slika 3-6. Polje preglednosti kod približavanja raskrižju

Izvor: [6]



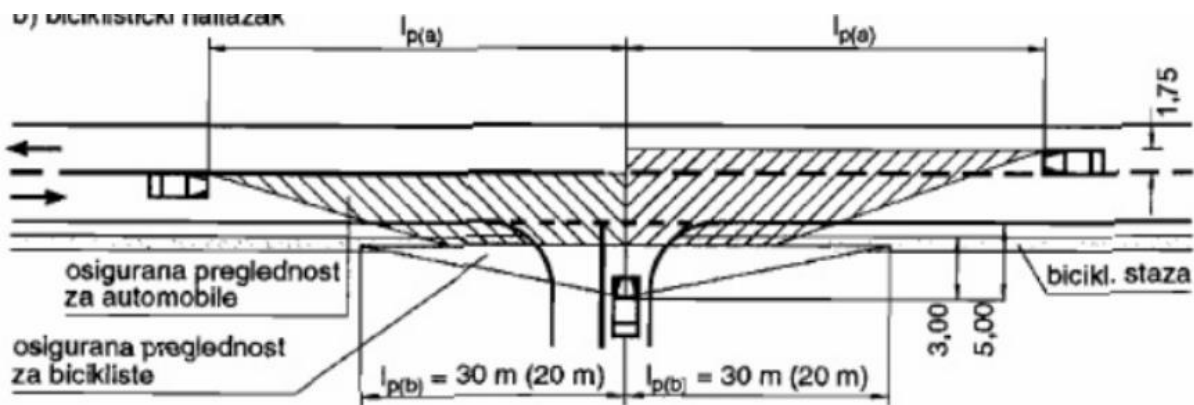
Slika 3-7. Polje privozne preglednosti

Izvor: [6]



Slika 3-8. Polje preglednosti na prijelazima za pješake

Izvor: [6]

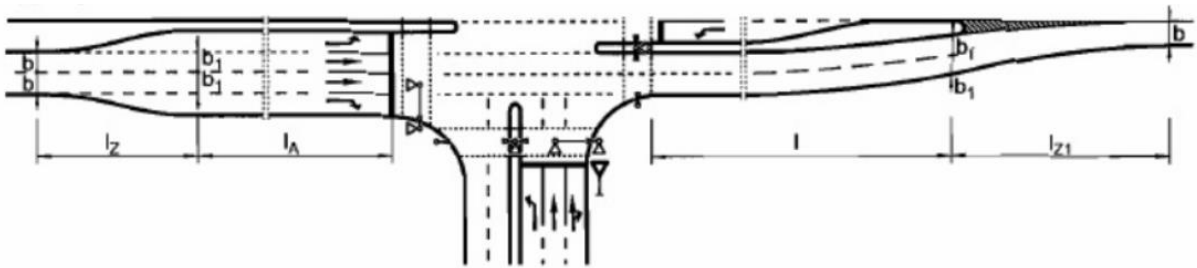


Slika 3-9. Polje preglednosti za nailazak biciklista

Izvor: [6]

### 3.2.2 Prolazni trakovi

Broj prolaznih trakova u području raskrižja treba ostati isti kao i na otvorenoj trasi i treba biti osiguran na duljini  $l$  [m] izvan uže zone raskrižja. Da bi se kvalitetno i sigurno smanjio broj trakova na određenoj dionici potrebno je na duljini razvlačenja  $l_{z1}$ , koja iznosi između 40 i 60 m, simetrično suziti kolnik. Širina prolaznog traka  $b$  [m], određuje se na osnovu prometno tehničkih zahtjeva i širine mjerodavnog vozila, i u pravilu se u zoni raskrižja ne mijenja. Ukoliko se prolazni trakovi sužavaju potrebno je smanjiti dozvoljenu brzinu i to vozačima dati do znanja odgovarajućom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom. Način proširenja i suženja prometnice i smanjenje broja prometnih trakova vidljivo je na slici 3-10.

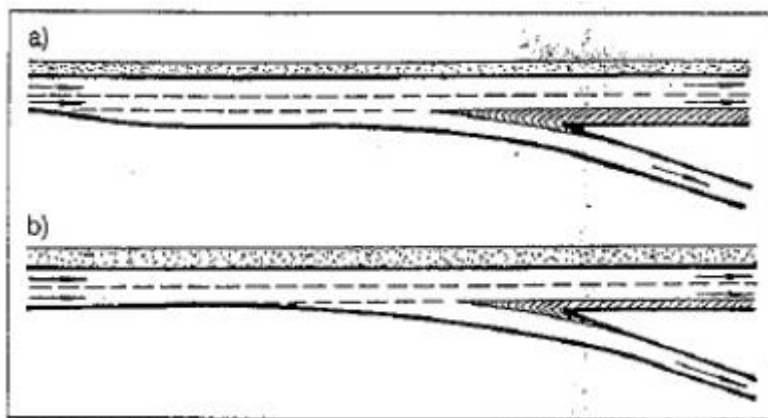


Slika 3-10. Promjena broja trakova na raskrižju

Izvor: [6]

### 3.2.3 Trakovi za usporavanje

Služe za usporavanje prometa koji skreće s glavnog prometnog toka, i glavna uloga im je da vozila sigurno smanje brzinu na potrebnu razinu. Izvode se na svim prometnicama na kojima je računaska brzina veća od 80 km/h i na kojima je visoko prometno opterećenje. Sastoje se od dijela koji služi za skretanje vozila s glavnog traka a drugi dio služi za smanjenje brzine te su dvije moguće izvedbe trakova za usporavanje prikazane na slici 3-11.

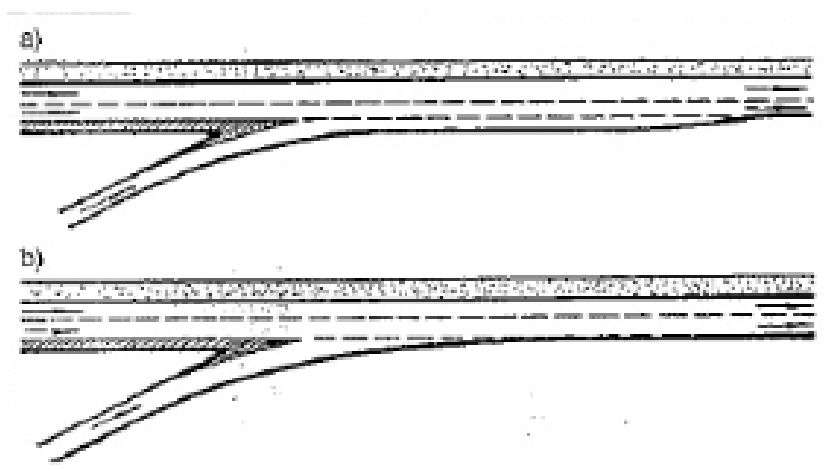


Slika 3-11. Izvedbe trakova za usporavanje

Izvor: [4]

### 3.2.4 Trakovi za ubrzavanje

Služe kako bi se vozila sa sporednog smjera uključila u glavni tok što je složenija radnja od izlivanja zbog veće mogućnosti kolizije posebice kod jače opterećenih prometnih tokova. Sastoje se od tri dijela od kojih je prvi duljina ubrzavanja na kojoj vozilo povećava svoju brzinu kako bi se uključilo u glavni prometni tok. Drugi dio je duljina ulijevanja koja služi za ulijevanje vozila sa traka za ubrzavanje u glavni prometni tok i treći dio je duljina sužavanja traka koja služi da se vozilo ima gdje zaustaviti ukoliko se ne uspije uključiti u glavni prometni tok. Na slici 3-12. prikazane su dvije moguće izvedbe trakova za ubrzavanje.



Slika 3-12. Izvedbe trakova za ubrzavanje

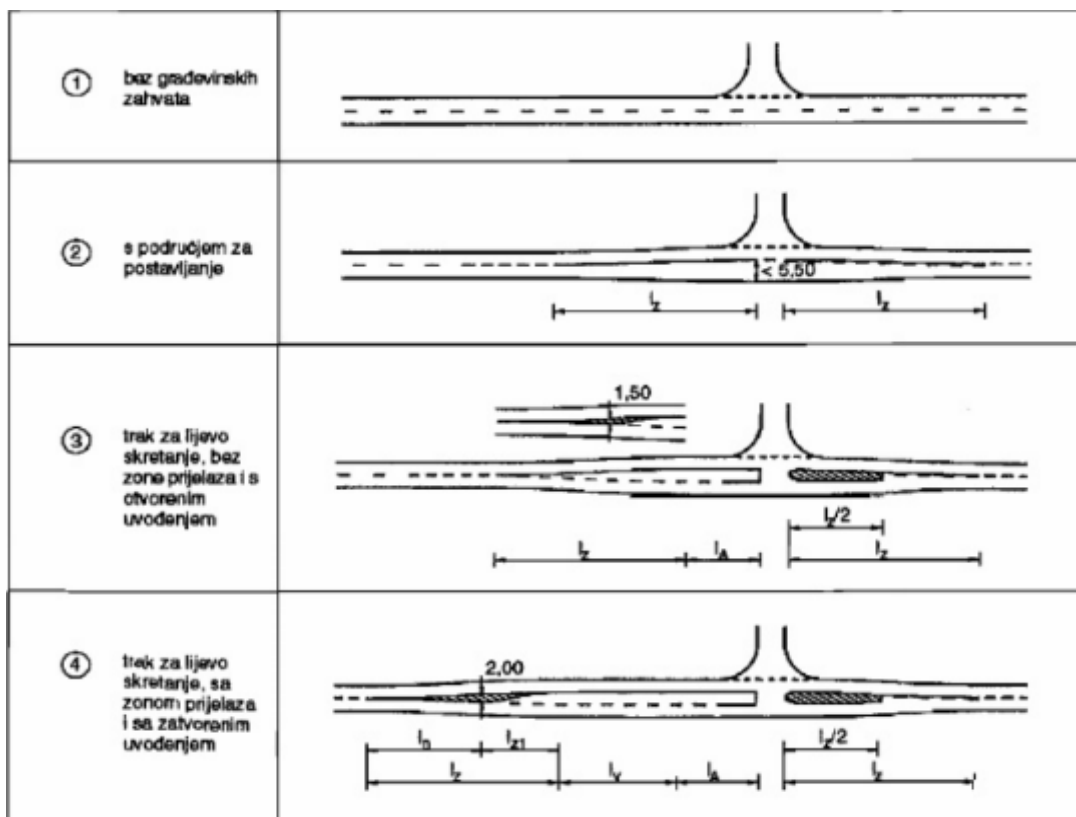
Izvor: [4]



### 3.2.5 Trakovi za skretanje ulijevo

Trakovi za skretanje ulijevo izdvajaju se iz prolaznih tokova zbog povećanja sigurnosti ali i kako se ne bi ometali prolazni tokovi. Mogu biti za 0,25 m uži od prolaznih trakova, minimalno široki 2,75 m ukoliko je malen udio autobusnog i teretnog prometa. Moguća je izvedba lijevog skretanja sa dva prometna traka uz uporabu odgovarajuće svjetlosne signalizacije i posebnom fazom za lijevo skretanje. Elementi traka za lijevo skretanje su duljina razvlačenja  $l_z$  [m], duljina za svrstavanje  $l_v$  [m] i potez za postavljanje  $l_A$  [m], a moguća su sljedeća četiri oblika vođenja lijevih skretača i koji su vidljivi na slici 3-13.:

- Bez građevinskih zahvata
- S područjem za postavljanje
- Trak za skretanje ulijevo, sa zonom za razvlačenje i za postavljanje
- Trak za skretanje ulijevo sa zonama razvlačenja i postavljanja te sa zonom razvrstavanja [6]



Slika 3-13. Moguće izvedbe trakova za lijevo skretanje

Izvor: [6]

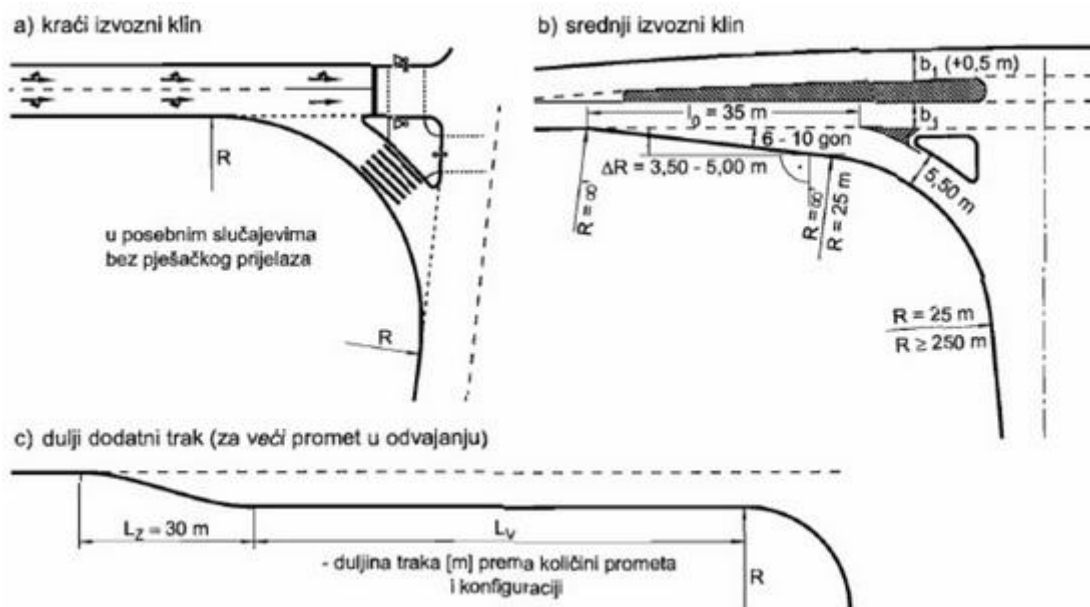
### 3.2.6 Trakovi za skretanje udesno

Postoje tri osnovne izvedbe trakova za vođenje desnih skretača a odabir najpogodnije varijante ovisi o broju i strukturi skretača, tipu raskrižja i konfiguraciji, a to su:

- Zaobljenje ugla s jednostavnim kružnim lukom ili sa složenim lukom sa ili bez razdjelnika kolnika
- Izvozni klin s priključnim zaobljenjem te s razdjelnikom kolnika i s trokutastim otokom
- Trak za desno odvajanje s priključnim zaobljenjem te s razdjelnikom kolnika i s trokutastim otokom

[6]

Tri oblika vođenja desnih skretača prikazani su na slici 3-14.



Slika 3-14. Tri tipa vođenja desnih skretača

Izvor: [6]

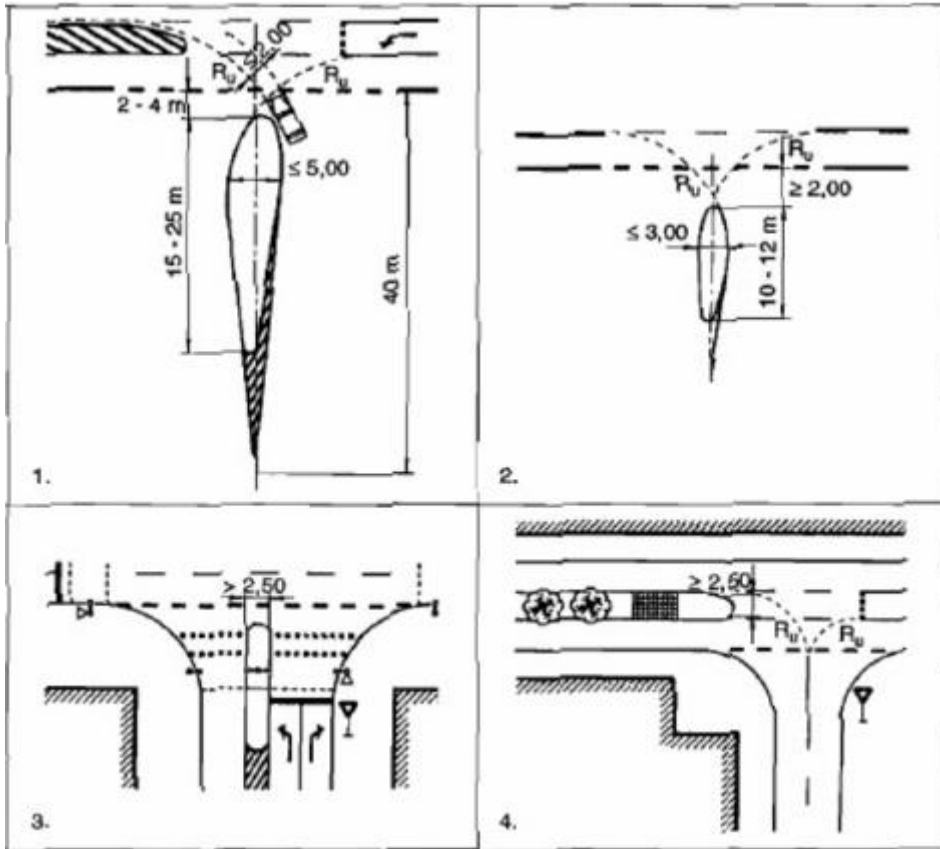
### 3.2.7 Razdjelnici i prometni otoci

Razdjelnici i prometni otoci mogu biti izdignuti ili iscrtani a služe za kanaliranje i vođenje prometnih tokova te su predviđeni za postavljanje prometnih uređaja i za ozelenjivanje. Prometni otoci služe za zaštitu pješaka i biciklista te za olakšavanje prelaska kolnika na prostranijim raskrižjima skraćivanjem duljine postupnog prelaska pješaka i biciklista. Prilikom izgradnje prometnih otoka potrebno je voditi računa da se otoci jasno

razlikuju od kolnika te da su dovoljno veliki ovisno o broju pješaka i biciklista u odnosu na duljinu prelaska i veličinu motornog prometa, kako bi bili zadovoljeni svi sigurnosni standardi i osigurana potrebna propusna moć raskrižja. Prometni otoci mogu se podijeliti na:

- Razdjelne otoke
- Usmjerujuće otoke
- Pješačke otoke [4]

Razdjelni otoci ili razdjelnik kolnika ima različite uloge ovisno o tome da li je raskrižje unutar ili izvan izgrađenih područja. Ako je izvan izgrađenih područja razdjelni otok treba sadržavati elemente koji upućuju vozača na nailazak na cestu s prednošću prolaska te vozaču predstavljati optičku zapreku odmaknutu od smjera prometnog toka u obliku ljevkastog suženja kolnika. Izvan izgrađenih područja moguće je izostaviti razdjelnik ukoliko je vršno opterećenje na raskrižju manje od 20 voz/h. U tim slučajevima potrebno je odgovarajućom i jasnom vertikalnom signalizacijom naznačiti nailazak na cestu s prednošću prolaska te se priključni kolnik izvodi u drugoj boji. Ukoliko na raskrižju unutar izgrađenih područja pješački prijelaz vodi preko tri ili više prometnih trakova uvijek su potrebni razdjelnici kolnika. U prijelaznim područjima prema naselju potreba za izgradnjom razdjelnika kolnika ovisi o strukturi prometnog toka, broju pješaka i biciklista, dozvoljenoj brzini i budućem razvoju tog područja. Na slici 3-15. prikazane su različite izvedbe razdjelnika kolnika, pod brojem 1 i 2 su izvedbe razdjelnika kolnika izvan izgrađenih područja a pod brojem 3 i 4 izvedbe unutar izgrađenih područja.



Slika 3-15. Razdjelnici kolnika

Izvor: [6]

#### 4. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA UZROKOVANIH VOŽNJOM NA NEDOVOLJNOJ UDALJENOSTI

„Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnuo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta.“ [7]

Prometne nezgode mogu se podijeliti po:

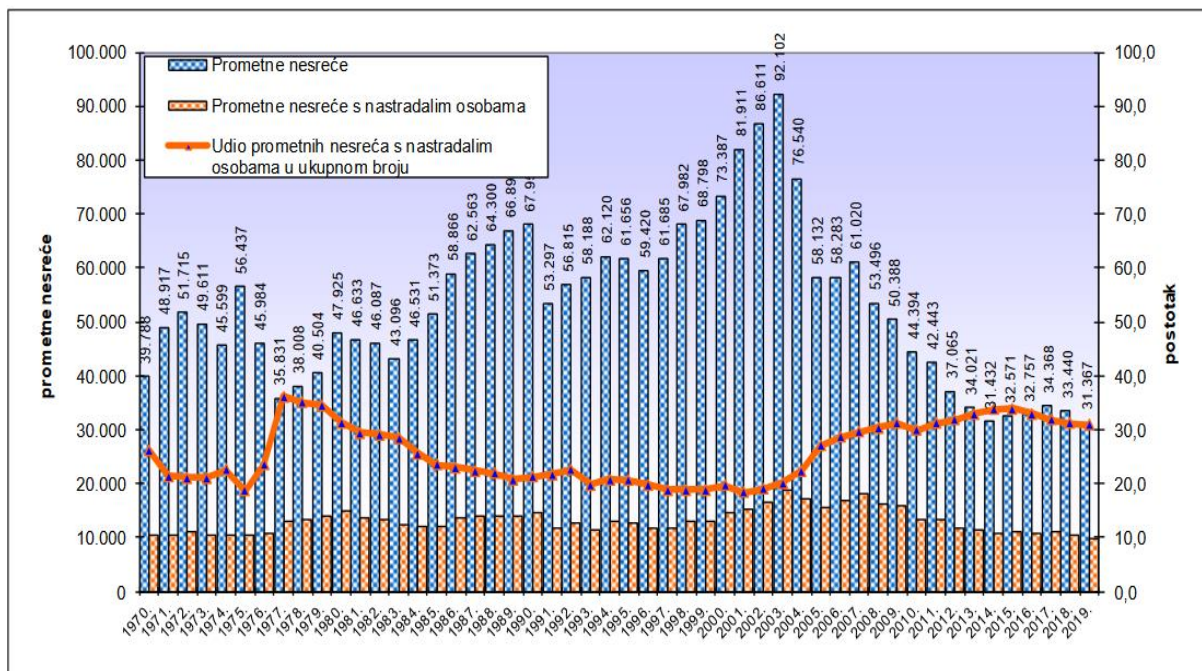
- Mjestu gdje su nastale
- Vremenu kada su nastale
- Posljedicama
- Načinu na koji su nastale
- Uzroku nastanka
- Značajkama ceste [4]

Prometne nesreće nastaju kao posljedica više različitih povezanih uzroka a najčešći uzrok prometnih nesreća ja nesposobnost za vožnju. Najčešće pogreške pri vožnji su:

- Neprilagođena brzina
- Nalijetanje stražnjeg vozila na prednje vozilo
- Nepoštivanje prava prednosti
- Nepoštivanje obveze vožnje desnom stranom
- Pogreške pri pretjecanju
- Skretanje s kolnika
- Pogreške pri skretanju, okretanju, promjeni traka i pri vožnji unatrag
- Npropisno kretanje pješaka [4]

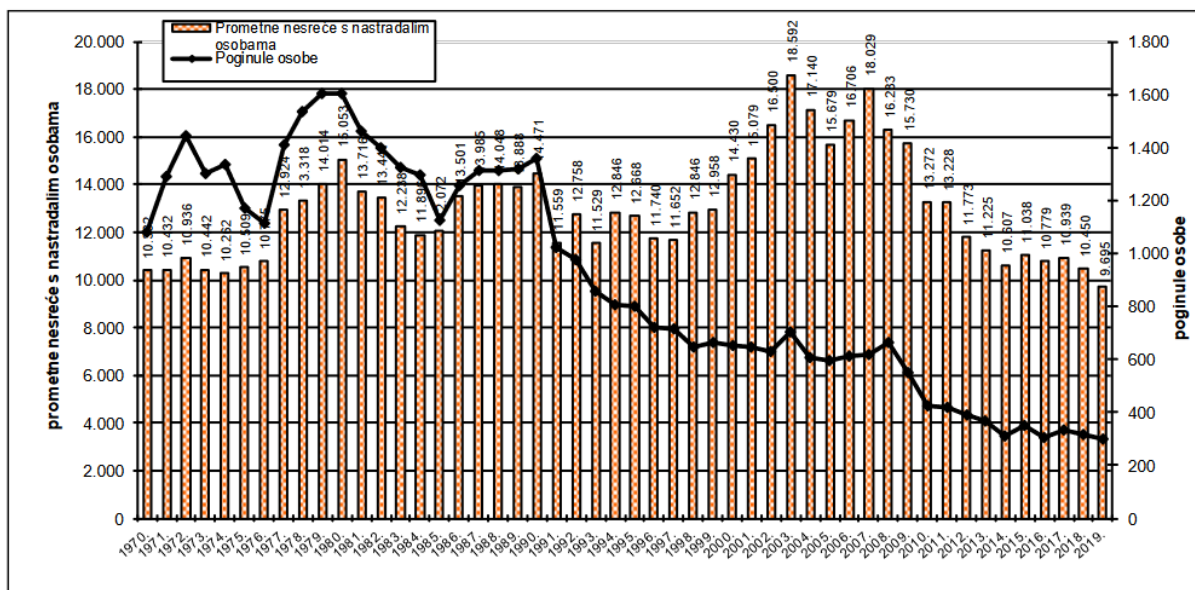
Materijalna šteta uzrokovana prometnim nesrećama prema procjeni iznosi više od osam milijardi kuna, što je 2,3 posto BDP-a Republike Hrvatske. Na hrvatskim cestama se u posljednjih deset godina dogodilo prosječno 35 586 prometnih nesreća, dok godišnje u

prometu prosječno strada 15 652 osobe. Od tih 15 652 osobe 79,4 posto zadobije lakše tjelesne ozljede, teške tjelesne ozljede 18,4 posto dok 2,2 posto ljudi pogine, što je prosječno 351 osoba. Na slici 4-1. prikazan je grafikon iz biltena o sigurnosti cestovnog prometa za 2019. godinu na kojem je prikazan broj prometnih nesreća od 1970. godine do 2019. godine, dok je na slici 4-2. prikazano kretanje broja poginulih u prometnim nesrećama u istom vremenskom razdoblju. [8]



Slika 4-1. Grafikon broja prometnih nesreća i nastradalih u prometnim nesrećama

Izvor: [8]



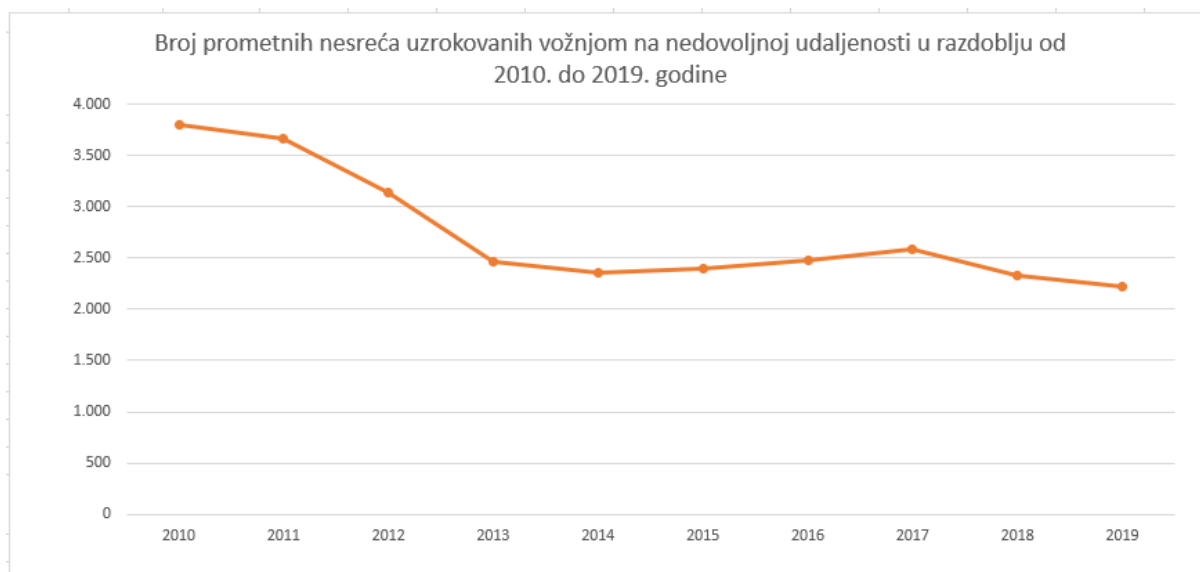
Slika 4-2. Grafikon broja poginulih osoba u nesrećama sa nastradalim osobama

Izvor: [8]

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti, što spada u pogreške vozača, u biltenu o sigurnosti cestovnog prikazane su za razdoblje od 2010. godine do 2019. godine. Tablica 4-1. i grafikon 4-1. prikazuju broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. godine do 2019. godine.

Tablica 4-1. Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj prometnih nesreća
2010	3.804
2011	3.666
2012	3.140
2013	2.463
2014	2.354
2015	2.394
2016	2.477
2017	2.583
2018	2.332
2019	2.225



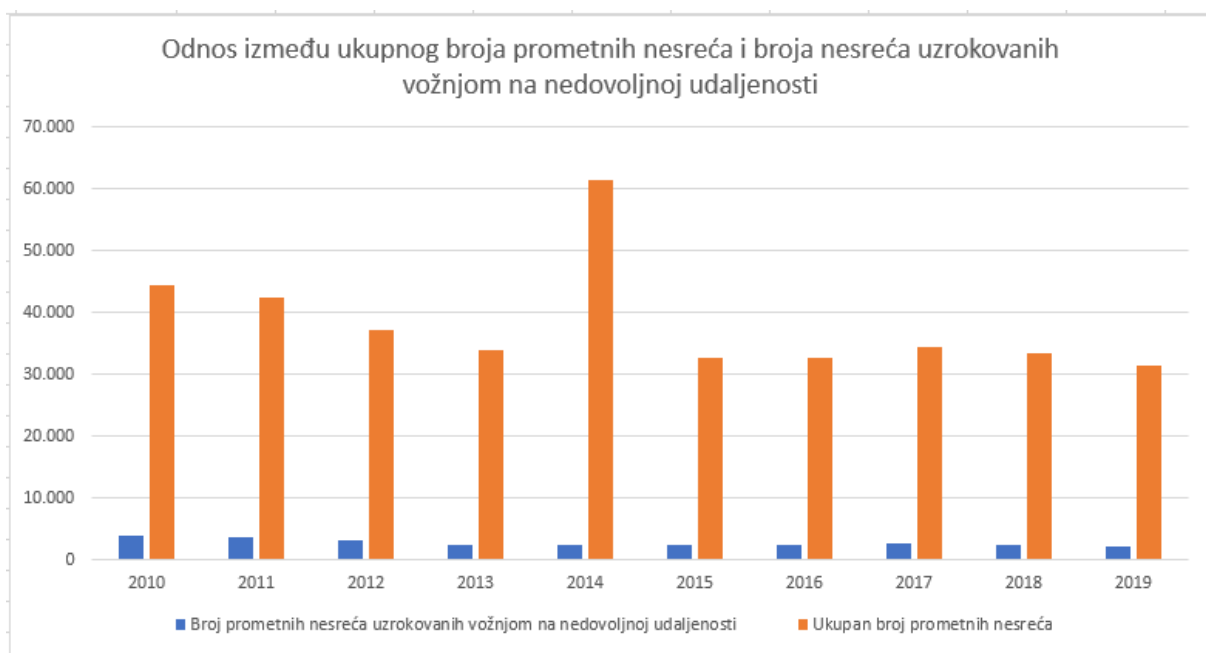
Grafikon 4-1. Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti od 2010. do 2019. godine

U tablici 4-2. i na grafikonu 4-2. prikazan je odnos između broja prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti i ukupnog broja prometnih nesreća u razdoblju od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-2. Odnos između broja prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti i ukupnog broja prometnih nesreća za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	3.804	3.666	3.140	2.463	2.354	2.394	2.477	2.583	2.332	2.225
Ukupan broj prometnih nesreća	44.394	42.443	37.065	34.021	61.432	32.571	32.757	34.368	33.440	31.367
Postotak	8,57%	8,64%	8,47%	7,24%	3,83%	7,35%	7,56%	7,52%	6,97%	7,09%



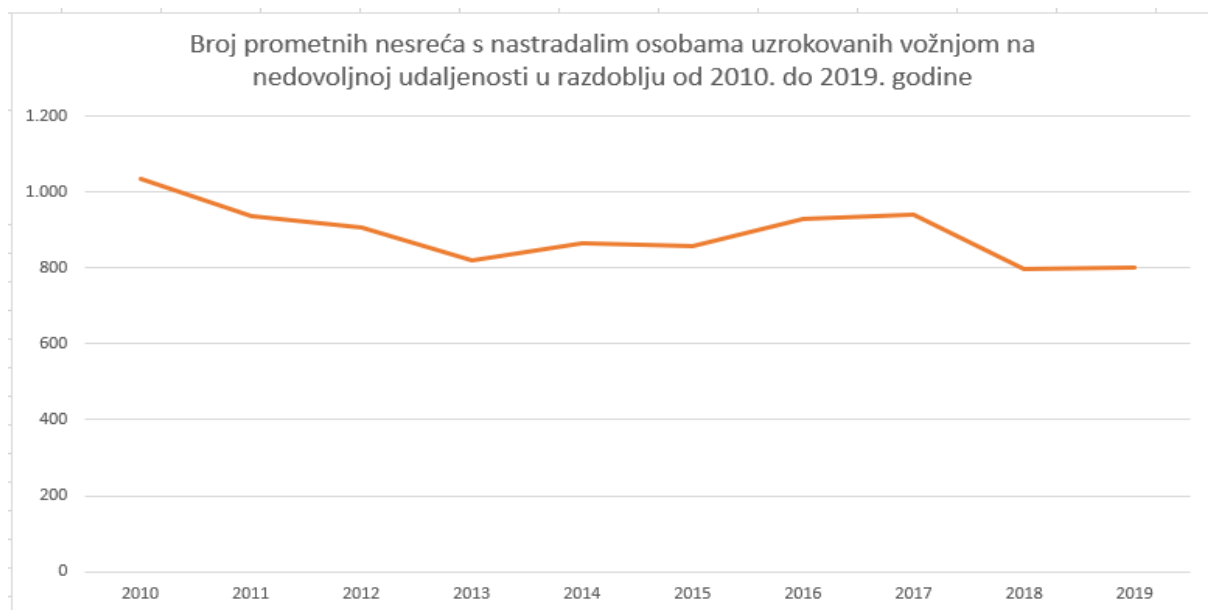


Grafikon 4-2. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća i broja nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće s nastradalim osobama obuhvaćaju sve prometne nesreće u kojima je osoba poginula, ozlijeđena, teže ozlijeđena ili lakše ozlijeđena. U tablici 4-3. i u grafikonu 4-3. prikazan je broj prometnih nesreća koje su uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u kojima su nastradale osobe u razdoblju od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-3. Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti s nastradalim osobama

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama
2010	1.036
2011	938
2012	905
2013	822
2014	864
2015	859
2016	929
2017	942
2018	796
2019	802

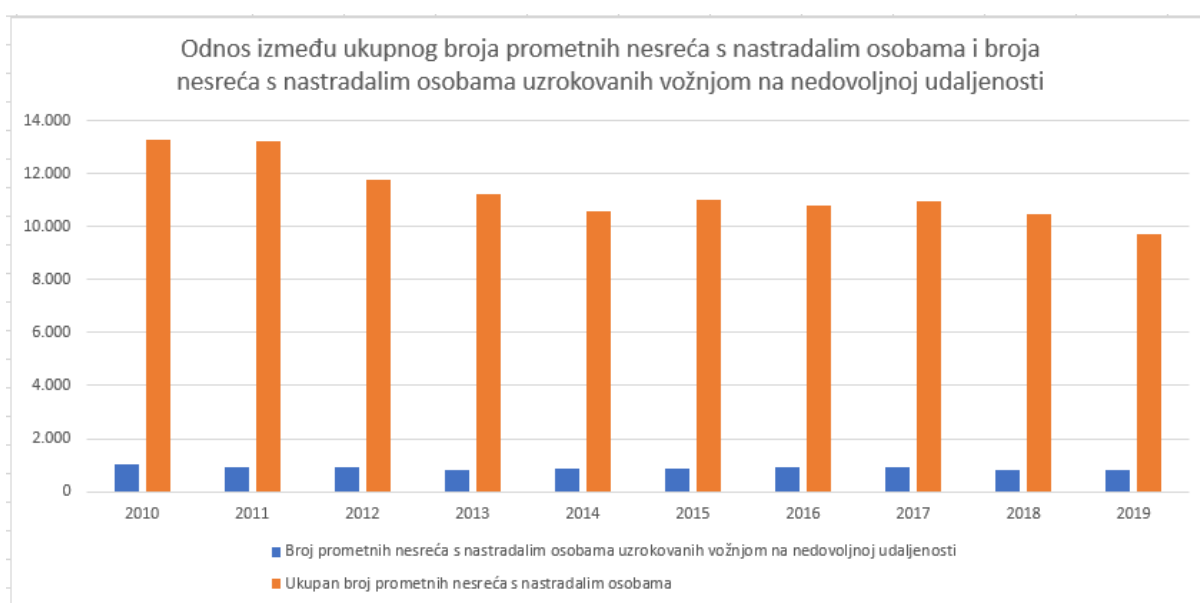


Grafikon 4-3. Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine

U tablici 4-4. i grafikonu 4-4. prikazan je odnos između broja prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti i ukupnog broja prometnih nesreća s nastradalim osobama.

Tablica 4-4. Odnos između broja prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti i ukupnog broja prometnih nesreća s nastradalim osobama

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	1.036	938	905	822	864	859	929	942	796	802
Ukupan broj prometnih nesreća s nastradalim osobama	13.272	13.228	11.773	11.225	10.607	11.038	10.779	10.939	10.450	9.695
Postotak	7,81%	7,09%	7,69%	7,32%	8,15%	7,78%	8,62%	8,61%	7,62%	8,27%

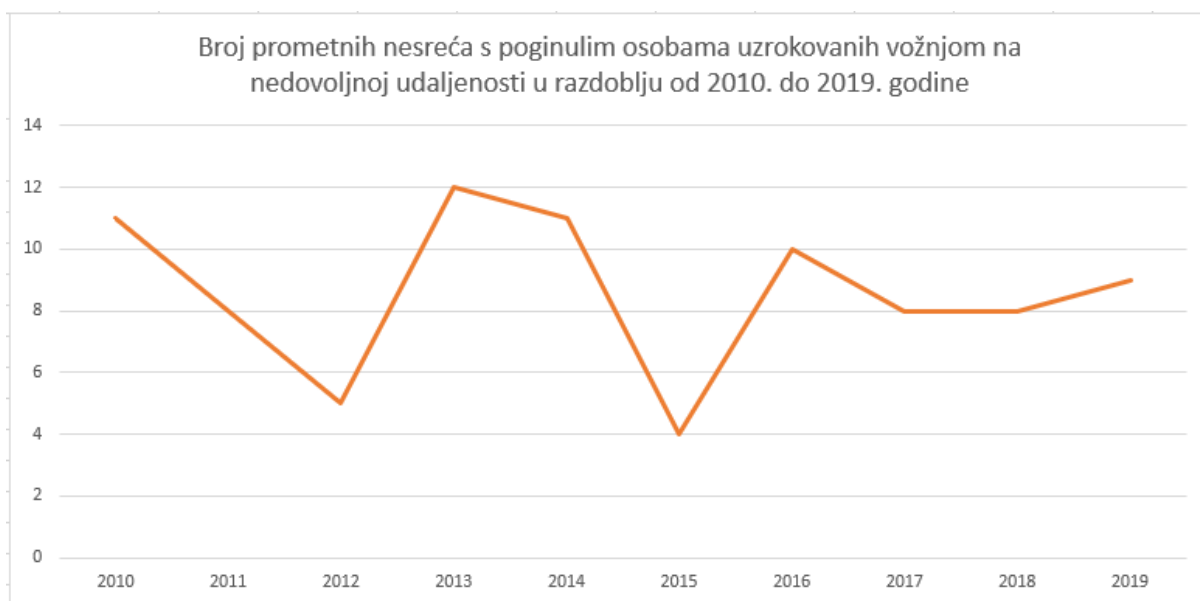


Grafikon 4-4. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s nastradalim osobama i broja prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti

Prometne nesreće s poginulim osobama su one kod kojih je osoba poginula na mjestu događaja prometne nesreće, pri prijevozu ili u roku od 30 dana od posljedice te nesreće. U tablici 4-5. i grafikonu 4-5. prikazan je broj prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti.

Tablica 4-5. Broj prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj prometnih nesreća s poginulim osobama
2010	11
2011	8
2012	5
2013	12
2014	11
2015	4
2016	10
2017	8
2018	8
2019	9

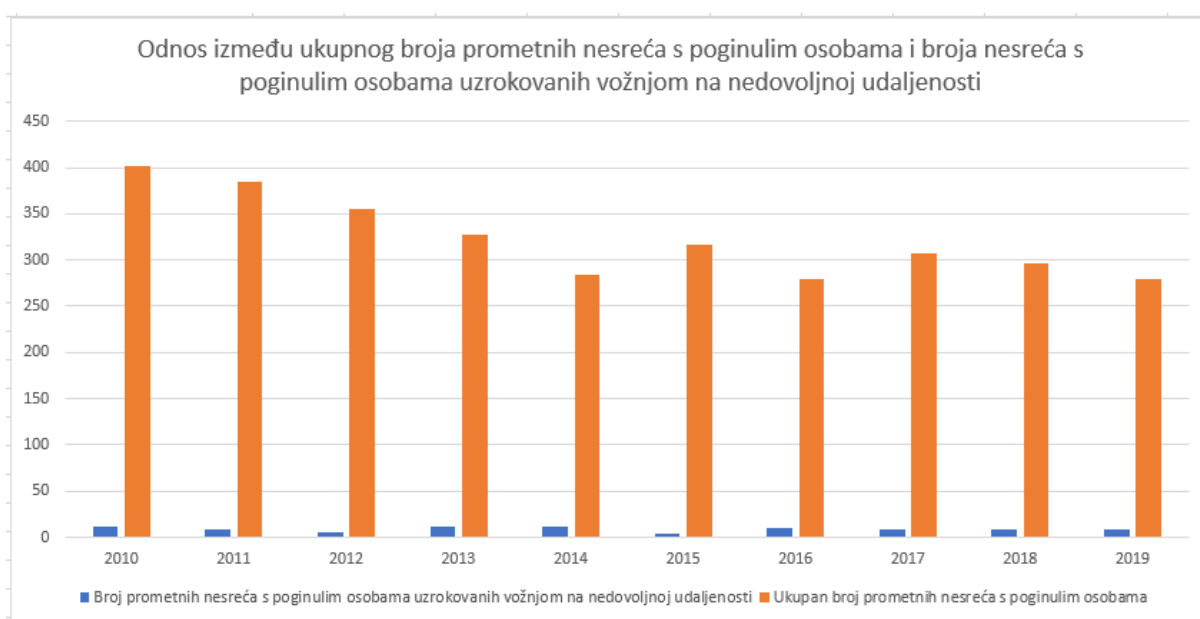


Grafikon 4-5. Broj prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

U tablici 4-6. i na grafikonu 4-6. prikazan je odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s poginulim osobama i broja prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-6. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s poginulim osobama i broja prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	11	8	5	12	11	4	10	8	8	9
Ukupan broj prometnih nesreća s poginulim osobama	402	385	355	328	284	317	279	307	297	279
Postotak	2,74%	2,08%	1,41%	3,66%	3,87%	1,26%	3,58%	2,61%	2,69%	3,23%

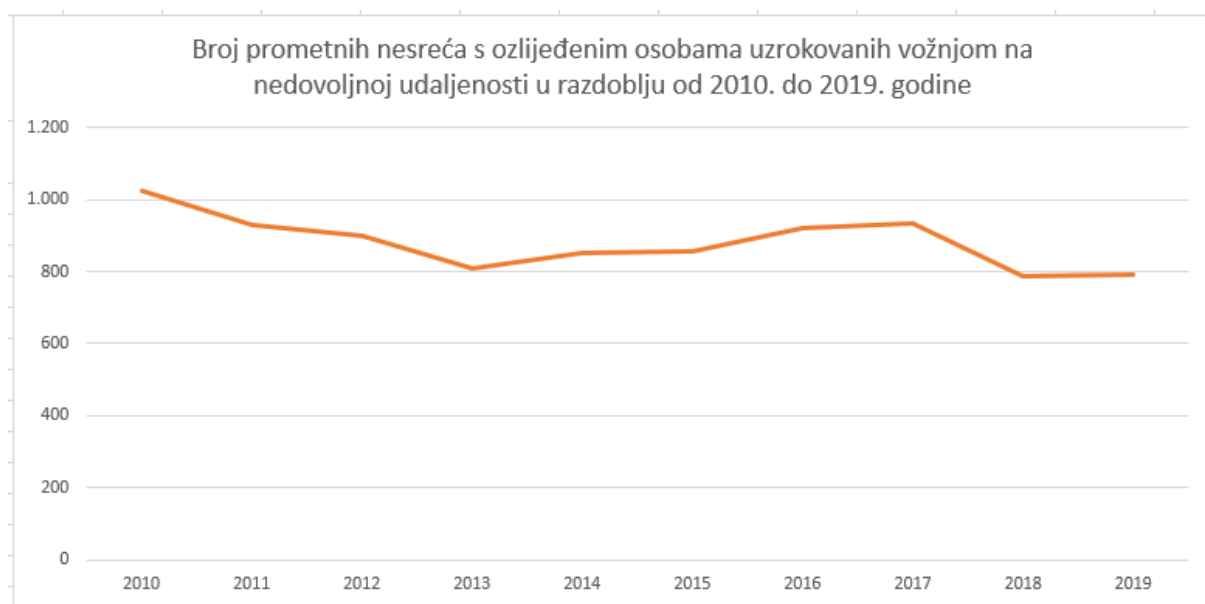


Grafikon 4-6. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s poginulim osobama i broja prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Ozlijeđena osoba je osoba koja je u prometnoj nesreći zadobila ozlijede za koje treba medicinski tretman, osoba može biti teže i lakše ozlijeđena. U tablici 4-7. i na grafikonu 4-7. prikazan je broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti.

Tablica 4-7. Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama
2010	1.025
2011	930
2012	900
2013	810
2014	853
2015	855
2016	919
2017	934
2018	788
2019	793

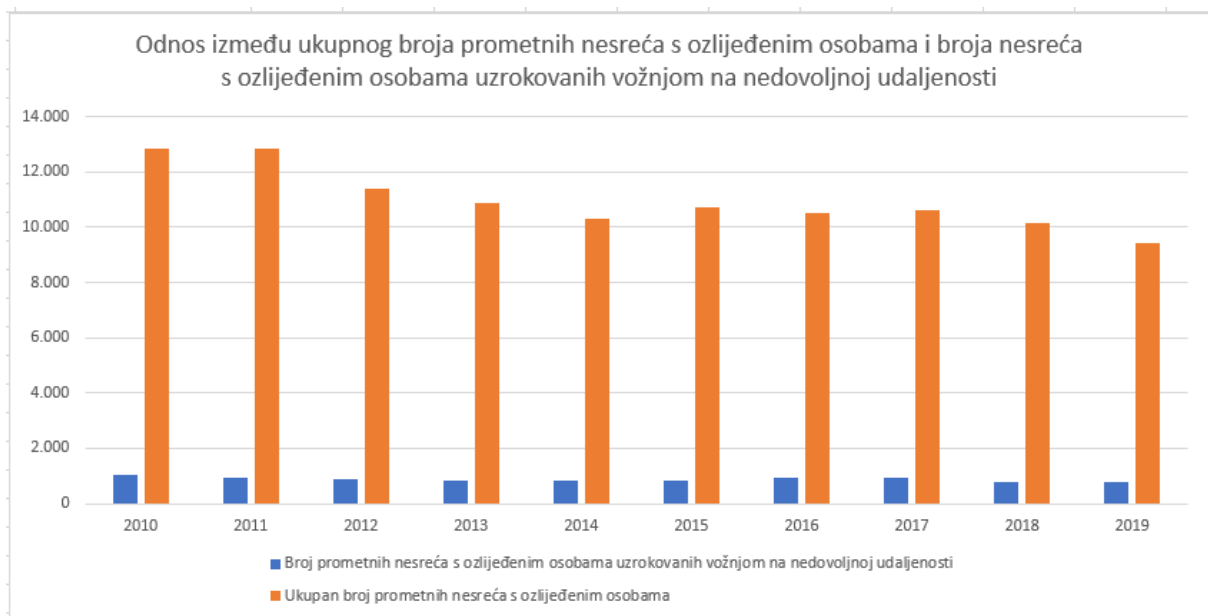


Grafikon 4-7. Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

U tablici 4-8 i grafikonu 4-8. prikazan je odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-8. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	1.025	930	900	810	853	855	919	934	788	793
Ukupan broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama	12.870	12.843	11.418	10.897	10.323	10.721	10.500	10.632	10.153	9.416
Postotak	7,96%	7,24%	7,88%	7,43%	8,26%	7,98%	8,75%	8,78%	7,76%	8,42%



Grafikon 4-8. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

U tablici 4-9. i grafikonu 4-9. prikazan je broj poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti.

Tablica 4-9. Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama
2010	13
2011	9
2012	6
2013	12
2014	11
2015	4
2016	11
2017	9
2018	8
2019	9



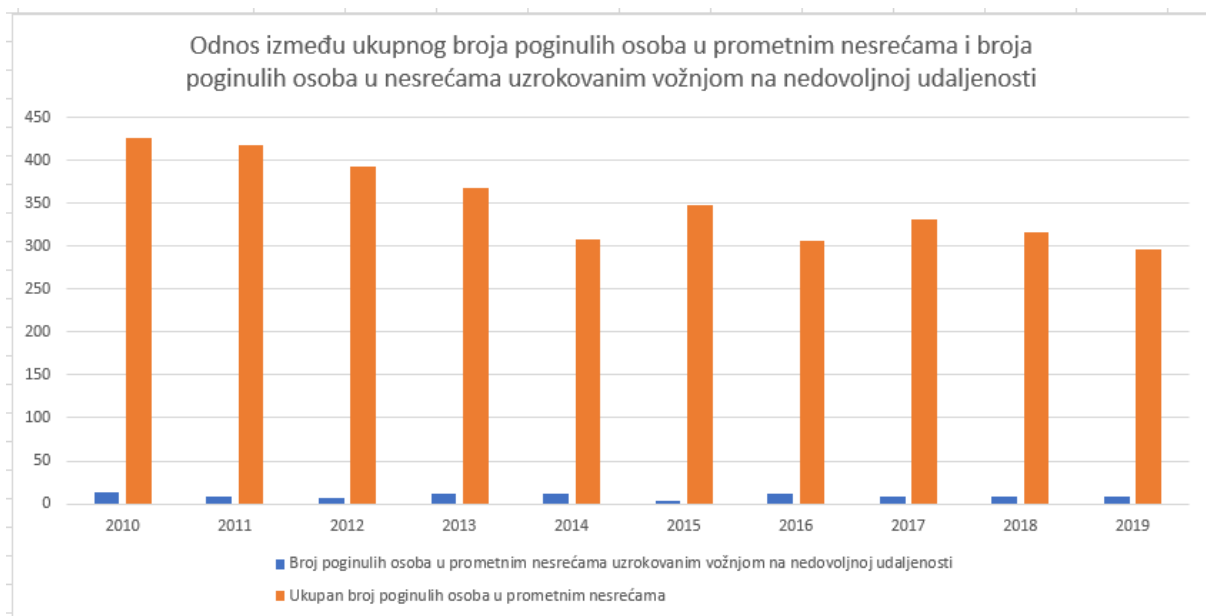
Grafikon 4-9. Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine

Tablicom 4-10. i grafikonom 4-10. prikazan je odnos između ukupnog broja poginulih osoba u prometnim nesrećama i broja poginulih osoba u nesrećama uzrokovanim zbog vožnje na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine.



Tablica 4-10. Odnos između ukupnog broja poginulih osoba u prometnim nesrećama i broja poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine.

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	13	9	6	12	11	4	11	9	8	9
Ukupan broj poginulih osoba u prometnim nesrećama	426	418	393	368	308	348	307	331	317	297
Postotak	3,05%	2,15%	1,53%	3,26%	3,57%	1,15%	3,58%	2,72%	2,52%	3,03%

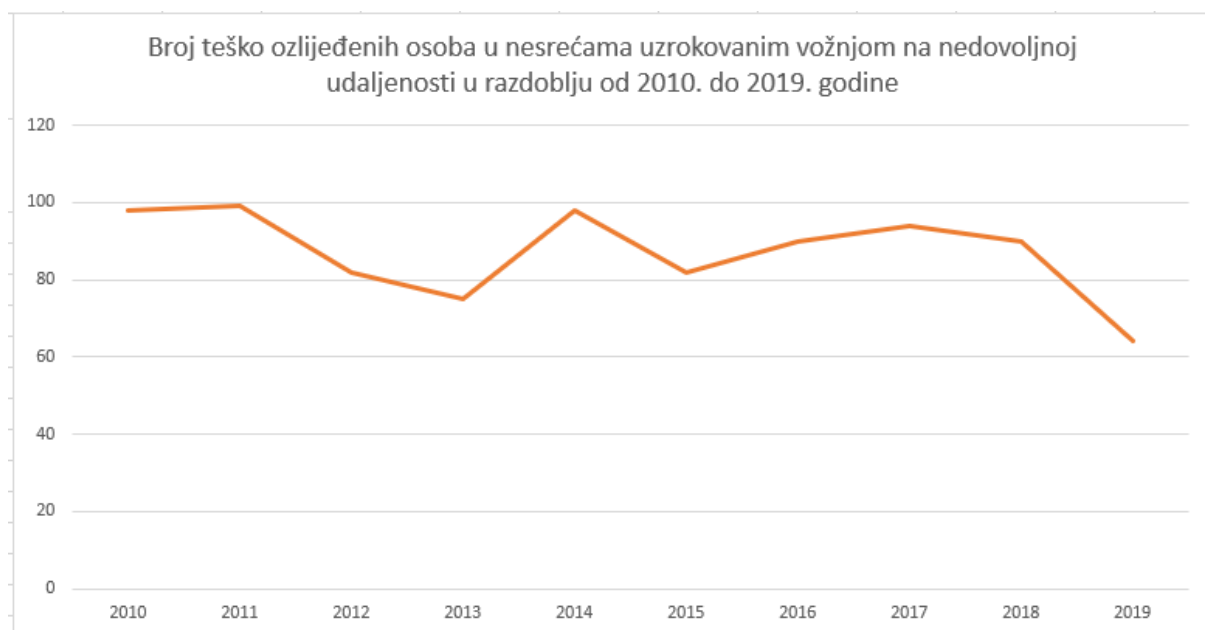


Grafikon 4-10. Odnos između ukupnog broja poginulih osoba u prometnim nesrećama i broja poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine.

Teško ozlijeđena osoba je osoba koja je u prometnoj nesreći zadobila ozljede zbog kojih je hospitalizirana dulje od 24 sata i koje ostavljaju trajne štetne posljedice. Tablicom 4-11. i grafikonom 4-11. prikazan je broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-11. Broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama
2010	98
2011	99
2012	82
2013	75
2014	98
2015	82
2016	90
2017	94
2018	90
2019	64



Grafikon 4-11. Broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Tablicom 4-12. i grafikonom 4-12. prikazan je odnos između ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim

nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. od 2019. godine.

Tablica 4-12. Odnos između ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. od 2019. godine

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	98	99	82	75	98	82	90	94	90	64
Ukupan broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama	3.182	3.409	3.049	2.831	2.675	2.822	2.747	2.776	2.731	2.492
Postotak	3,08%	2,90%	2,69%	2,65%	3,66%	2,91%	3,28%	3,39%	3,30%	2,57%

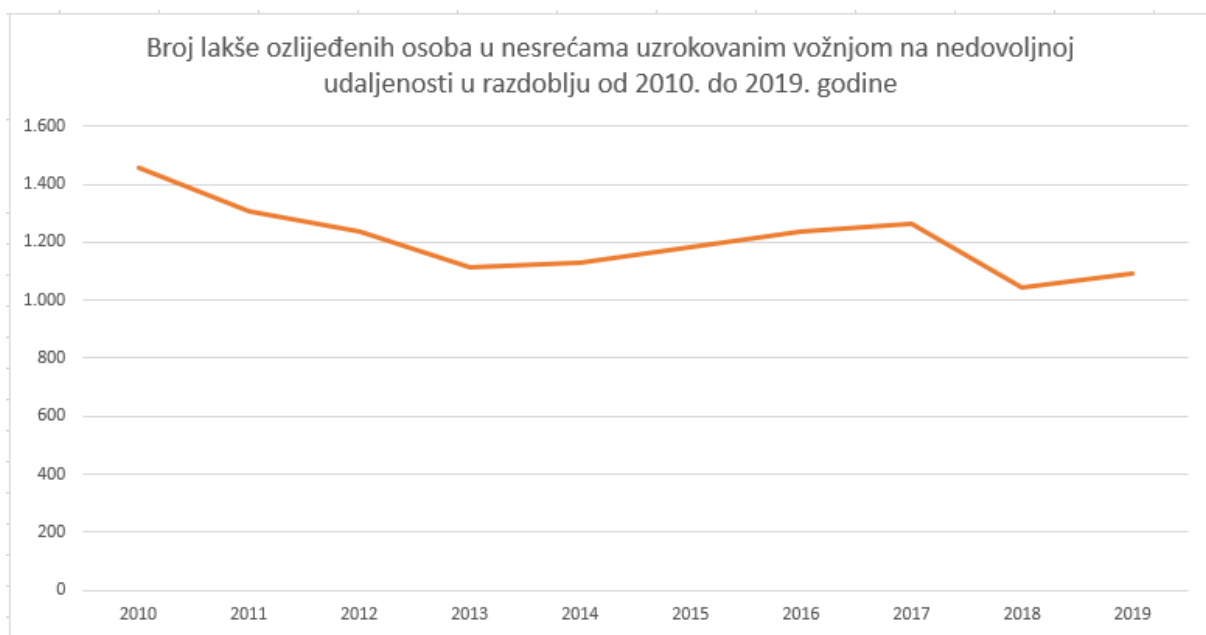


Grafikon 4-12. Odnos između ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. od 2019. godine

Lakše ozlijeđena osoba je osoba koja je zadobila ozlijede koje su površinska oštećenja tijela koja se liječe ambulantno i ne ostavljaju trajne posljedice ni funkcionalno ni estetski. U tablici 4-13. i na grafikonu 4-13. prikazan je broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-13. Broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Prometne nesreće uzrokovane vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	
Godina	Broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama
2010	1.456
2011	1.308
2012	1.234
2013	1.113
2014	1.131
2015	1.183
2016	1.237
2017	1.266
2018	1.042
2019	1.091



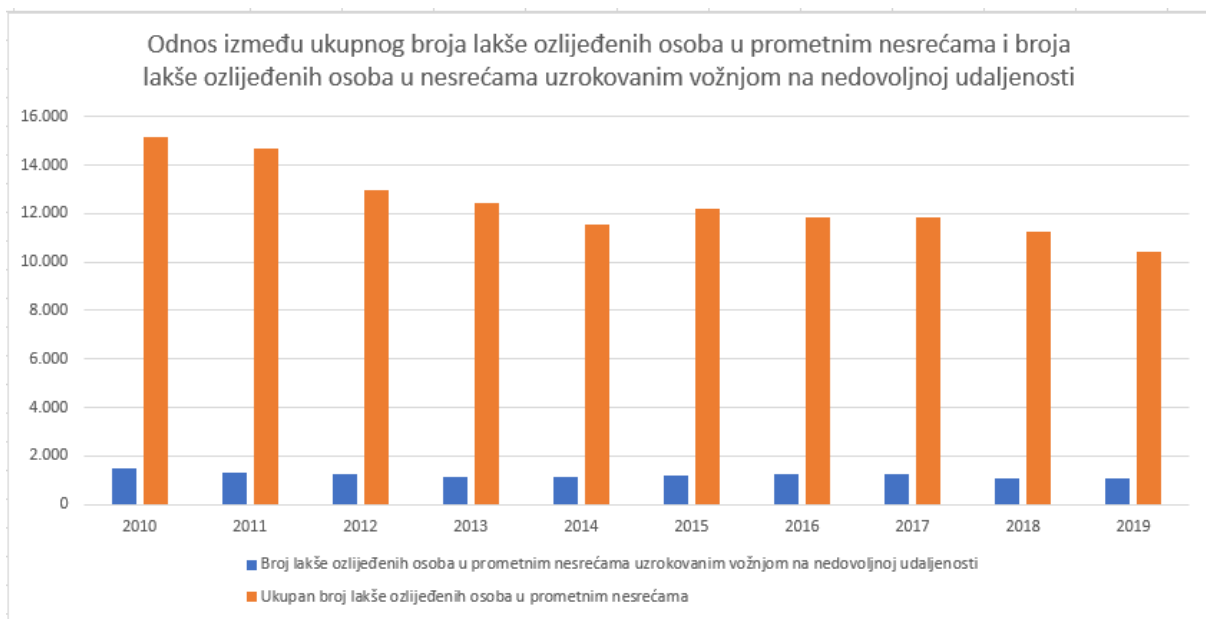
Grafikon 4-13. Broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Tablicom 4-14. i grafikonom 4-14. prikazan je odnos između ukupnog broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim

nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.

Tablica 4-14. Odnos između ukupnog broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Godina	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti	1.456	1.308	1.234	1.113	1.131	1.183	1.237	1.266	1.042	1.091
Ukupan broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama	15.151	14.656	12.961	12.443	11.547	12.202	11.849	11.832	11.258	10.393
Postotak	9,61%	8,92%	9,52%	8,94%	9,79%	9,70%	10,44%	10,70%	9,26%	10,50%



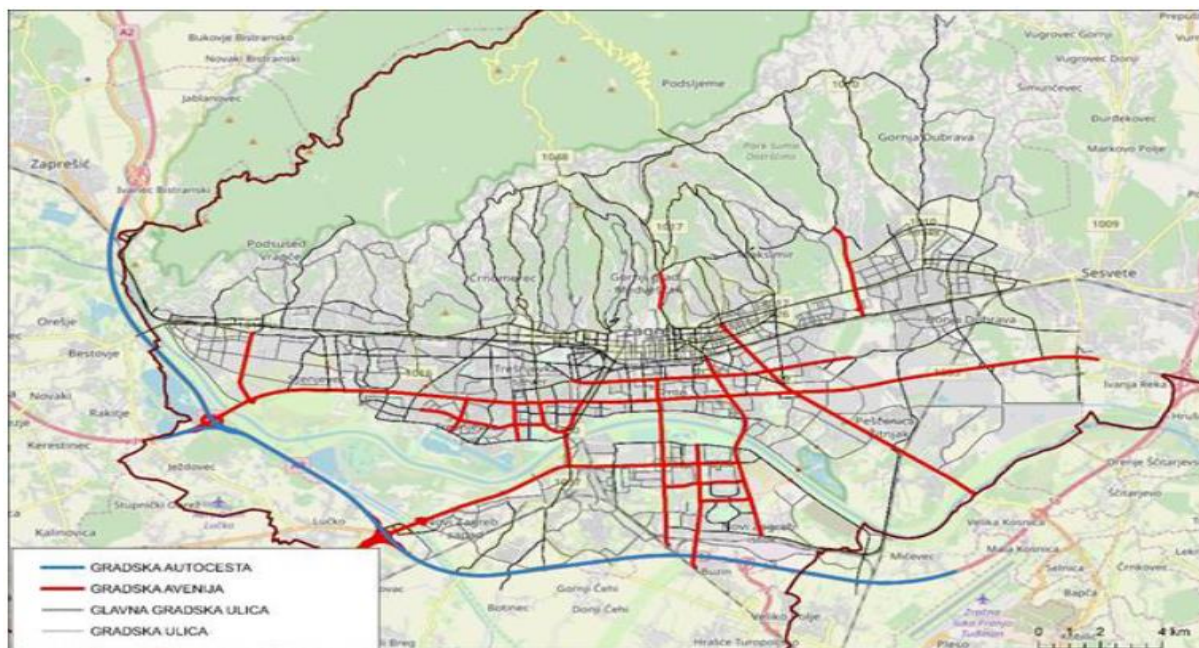
Grafikon 4-14. Odnos između ukupnog broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine

Kada je vrijednost intervala slijeđenja vozila manja smanjuje se sigurnost na raskrižju ili cesti a povećava se kapacitet. Što su vrijednosti intervala slijeđenja vozila veće smanjuje se kapacitet prometnice ili raskrižja a raste razina sigurnosti. Minimalni interval slijeđenja uvijek bi trebao biti veći od vremena reakcije vozača, koje varira značajno kod različitih vozača ovisno o kompleksnosti radnje, dobivenih informacija i očekivanjima vozača.

## 5. ANALIZA PROPUSNE MOĆI I RAZINE USLUGE

### 5.1 Geoprometne značajke i makropodručje raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohničeve ulice

Grad Zagreb je najveći grad Republike Hrvatske te ujedno i županijsko središte i cjelokupna prometna mreža Grada Zagreba klasificirana je u nerazvrstane ceste. U Gradu Zagrebu granaju se autoceste A1 (Zagreb – Split – Dubrovnik), A2 (Zagreb – Krapina – GP Macelj), A3 (GP Bregana – Zagreb – GP Lipovac), A4 (Zagreb – Varaždin – GP Goričan), A6 (Zagreb – Rijeka) i A11 (Zagreb – Velika Gorica – Sisak). Od navedenih autocesta, unutar prostornog obuhvata grada Zagreba najdužim dijelom prolazi autocesta A3, koja je ujedno i dio zagrebačke obilaznice. Na području Grada Zagreba ukupno je pet cesta razvrstano kao državne ceste čija ukupna dužina iznosi 25 km. To su državne ceste D1 (Macelj – Zagreb – Karlovac – Split), D3 (Goričan – Varaždin – Zagreb – Rijeka), D29 (Novi Golubovec (D35) – Zlatar Bistrica – Soblinec (D3)), D30 (Buzin (A3) – Velika Gorica – Petrinja – GP Hrvatska Kostajnica) i državna cesta D225 (Harmica – Brdovec – čvor Zaprešić (A2)). Prostorom grada Zagreba prolazi više od 700 km nerazvrstanih cesta, u koje spadaju avenije, glavne ulice i ulice te predstavljaju oko 90 % ukupne cestovne prometne mreže. Kategorizacija cesta na prostoru grada Zagreba prikazana je na slici 5-1.



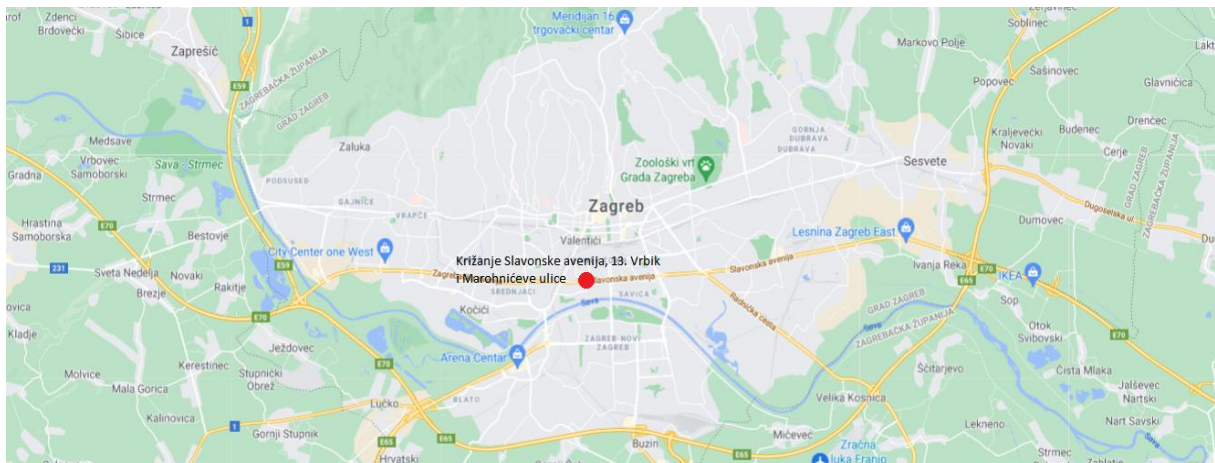
Slika 5-1. Kategorizacija cesta u Gradu Zagrebu

Izvor: [9]

Najvažnije gradske ceste su avenije dok cjelokupnu prometnu mrežu nadopunjuju i druge gradske ulice različitih profila i uloga u prometnom sustavu Grada Zagreba. Neke od najvažniji avenija u Gradu Zagrebu su: Slavonska, Jadranska, Dubrovačka, Držićeva...

Od ulica najvažnije su: Grada Vukovara, Heinzelova ulica, Savska cesta, Branimirova, Zvonimirova, Maksimirska, Aleja Bologne i druge.

Raskrižje Slavonske avenije, Marohničeve ulice i ulice 13. Vrbika nalazi se na Slavonskoj aveniji koja povezuje istočni i zapadni dio Grada Zagreba te je jedan od glavnih longitudinalnih pravaca kroz Grad Zagreb što znači da prema raskrižju gravitira velika količina prometa. Na slici 5-2. prikazano je makropodručje raskrižja Slavonske avenije, Marohničeve ulice i ulice 13. Vrbika.



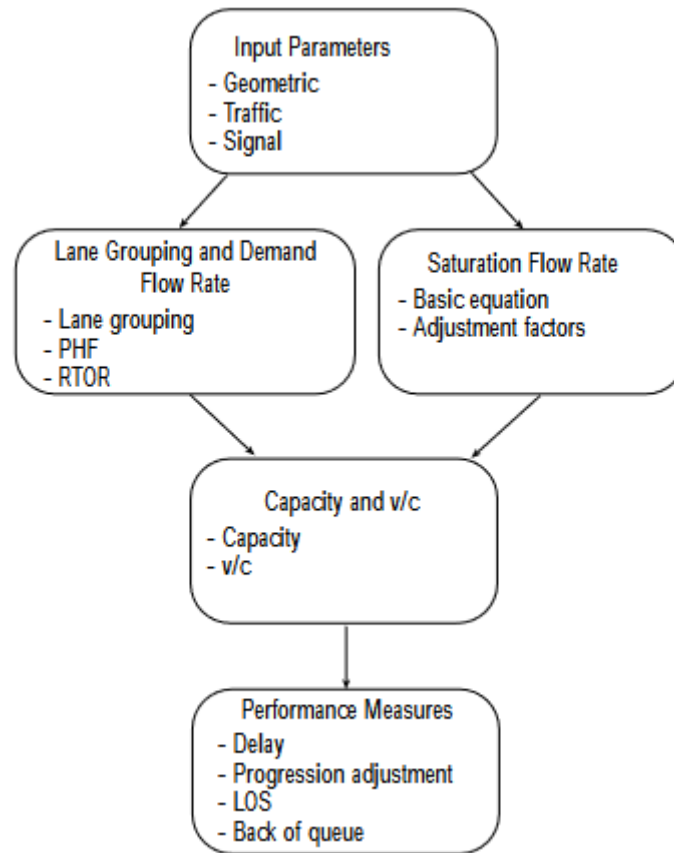
Slika 5-2. Makrolokacija raskrižja Slavonske avenije, Marohničeve ulice i ulice 13. Vrbika

## 5.2 Propusna moć i razine usluge

Analiza propusne moći obavljena je pomoću metodologije HCM – a koja za proračun propusne moći i razine usluge uzima u obzir raznolike uvjete poput količine i distribucije prometnih tokova, sastav prometa, geometrijske karakteristike i detalje o signalizaciji i signalnim planovima. Kapacitet se računa kao odnos prometne potražnje i kapaciteta. Nedostatak HCM – ove metodologije je neuzimanje u obzir utjecaja potencijalnih zagušenja na idućim raskrižjima, te neuzimanje u obzir zagušenja koja mogu nastati kod lijevih i desnih skretanja, na odvijanje prolaznog prometa na promatranom raskrižju.

Razina usluge semaforiziranog raskrižja računa se na temelju kašnjenja vozila prilikom prolaska kroz raskrižje, i računa se posebno za svaku grupu trakova. Grafikon metodologije

prikazan je na slici 5-3., dok su kriteriji za odabir razine usluge semaforiziranih raskrižja prikazani u tablici na slici 5-4.



Slika 5-3. HCM metodologija za proračun kapaciteta i razine usluge semaforiziranih raskrižja

Izvor: [3]

LOS	Control Delay per Vehicle (s/veh)
A	≤ 10
B	> 10–20
C	> 20–35
D	> 35–55
E	> 55–80
F	> 80

Slika 5-4. Kriteriji za odabir razine usluge (LOS)

Izvor: [3]

Kao što je prikazano na slici 5-3. glavni ulazni parametri su geometrijske karakteristike, uvjeti prometa te signalizacija.



Geometrijske karakteristike podrazumijevaju broj prometnih trakova, širina prometnih trakova, nagib ceste, postojanje trakova za lijevo i desno skretanje, duljina trakova za lijevo i desno skretanje te parkirališni prostor.

Glavni uvjeti prometa koji se promatraju putem metodologije su zasićeni prometni tok, faktor vršnog sata, udio teških vozila u prometnom toku, autobusi koji staju na stajalištima na raskrižju, prilazna brzina i drugi.

Signalizacija podrazumijeva duljinu ciklusa, vrijeme trajanja zelenog signalnog pojma, plan faza, duljina zaštitnog međuvremena te drugi.

Prije računanja propusne moći i razine usluge potrebno je odrediti grupe trakova na temelju geometrijskih karakteristika i intenziteta i razdiobe postojećih prometnih tokova kao što je navedeno u HCM – u.

- Ukoliko postoji traka samo za lijevo ili samo za desno skretanje njih je potrebno promatrati kao zasebne grupe trakova
- Ukoliko postoji zajednička traka za vožnju ravno i lijevo ili desno skretanje, potrebno je provesti analizu tokova i utvrditi dominantan smjer.

#### 5.2.1 Zasićeni prometni tok

Zasićeni prometni tok predstavlja broj vozila koja u sat vremena mogu proći grupom trakova ukoliko na semaforu stalno traje zelena faza. Jednadžba je prikazana u nastavku.

$$s_L = s_0 * N * f_W * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

Pri čemu je:

$s_L$  – zasićeni prometni tok grupe trakova

$s_0$  – osnovni zasićeni prometni tok

$N$  – broj prometni traka u grupi trakova

$f_W$  – faktor prilagodbe širine prometnog traka

$f_{HV}$  – faktor prilagodbe teških vozila u grupi trakova

$f_g$  – faktor prilagodbe nagiba kolnika

$f_p$  – faktor prilagodbe u slučaju parkiranja

$f_{bb}$  – faktor prilagodbe u slučaju blokiranja prometa od strane autobusa

$f_a$  – faktor prilagodbe ovisno o vrsti područja

$f_{LU}$  – faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka

$f_{LT}$  – faktor prilagodbe za lijevo skretanje u grupi trakova

$f_{RT}$  – faktor prilagodbe za desno skretanje u grupi trakova

$f_{Lpb}$  – pješачki i biciklistički faktor prilagodbe za lijevo skretanje

$f_{Rpb}$  – pješачki i biciklistički faktor prilagodbe za desno skretanje

#### *5.2.1.1 Osnovni zasićeni prometni tok*

Za računanje uzima se osnovna vrijednost zasićenog prometnog toka od 1900 voz/h/trak, no ta vrijednost može se promijeniti ovisno o vrsti područja na kojem se nalazi raskrižje te varira između 1600 i 1800 voz/h/trak za gradska središta dok za ostala područja može iznositi između 1700 i 1950 voz/h/trak. Vrijednosti osnovnog zasićenog prometnog toka ovise i o širini prometnih traka, postotku teških vozila i drugima.

#### *5.2.1.2 Faktor prilagodbe širine prometnog traka*

Za faktor prilagodbe za širinu traka koristi se oznaka  $f_w$  te on ima negativan utjecaj na zasićeni prometni tok grupe trakova ukoliko se radi o užim trakovima, dok širi trakovi povećavaju zasićeni prometni tok grupe trakova. Širine trakova mogu varirati od 2,4 m sve do 4,8 m i više. Ukoliko je širina jednog traka veća od 4,8 m potrebno je provesti analizu korištenja dva uža traka. Ukoliko je traka uža od 2,4 m faktor prilagodbe za širinu traka se ne računa. Za izračun koristi se formula (5).

$$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9} \quad (5)$$

Pri čemu je:

$f_w$  – faktor prilagodbe za širinu traka

$W$  – širina prometnog traka (m)

#### *5.2.1.3 Faktor prilagodbe teških vozila i faktor prilagodbe nagiba kolnika*

Teška vozila su u HCM – u definirana kao vozila kojima više od četiri kotača dodiruju kolnik, a faktor prilagodbe teških vozila koristi se kao procjena dodatnog prostora koji zauzimaju teška vozila i drukčije tehničko eksploatacijske značajke teških vozila, u odnosu na

automobile. Kod proračuna koriste se ekvivalentne jedinice automobila  $E_T$ , koja za teška vozila iznosi  $E_T = 2,0$  pc/HV kao što je prikazano u formuli (6).

$$f_{HV} = 100100 + \%HV * (E_T - 1) \quad (6)$$

Pri čemu je:

$f_{HV}$  – faktor prilagodbe teških vozila

$\%HV$  – udio teških vozila u grupi trakova

Faktor prilagodbe nagiba kolnika koristi se za prikaz utjecaja nagiba kolnika na sva vozila, kako na teška vozila tako i na automobile. Kod proračuna postotak nagiba kolnika može biti pozitivna ili negativna vrijednost u rasponu od -6% do +10%, pri čemu negativna vrijednost predstavlja dionicu koja je u padu. Za izračun koristi se formula (7).

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (7)$$

Pri čemu je:

$f_g$  – faktor prilagodbe nagiba kolnika

$\%G$  – nagib kolnika za grupu trakova izražen u postotcima

#### 5.2.1.4 Faktor prilagodbe u slučaju parkiranja

Faktor prilagodbe u slučaju parkiranja oznake  $f_p$ , koristi se ukoliko uz grupu prometnih trakova postoje mjesta za parkiranje, pa je zbog toga potrebno uzeti u obzir mogućnost da vozila koja se parkiraju mogu zadržavati ostali promet u pojedinoj prometnoj traci, te se kao srednja vrijednost uzima 18 sekundi potrebnih vozilu da izvede parkiranje, odnosno ta vrijednost se može izraziti kao broj manevara koji izvedu vozila prilikom parkiranja pa je taj iznos 180 manevara/h. Vrijednost  $f_p$  ne može biti manja od 0,050 dok se u slučaju da nema parkiranja uz prometnicu uzima vrijednost faktora  $f_p = 1,000$ . Za izračun se koristi formula (8).

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18Nm}{3600}}{N} \quad (8)$$

Pri čemu je:

$f_p$  – faktor prilagodbe u slučaju parkiranja

$N$  – broj traka u grupi trakova

$N_m$  – broj parkirnih manevara

#### 5.2.1.5 Faktor prilagodbe u slučaju blokiranja prometa od strane autobusa

Faktor prilagodbe u slučaj blokiranja trake od strane autobusa označava se oznakom  $f_{bb}$  i koristi se u slučaju kada se autobusno stajalište nalazi unutar 75 m prije ili poslije raskrižja i koristi se samo ukoliko autobusi koji staju na stajalište direktno blokiraju protok ostalih vozila u prometnoj traci. Kao srednja vrijednost vremena blokiranja trake od strane autobusa uzima se vrijednost od 14,4 sekunde, a za izračun faktora koristi se formula (9).

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * N_B}{3600}}{N} \quad (9)$$

Pri čemu je:

$f_{bb}$  – faktor prilagodbe u slučaju blokiranja prometa od strane autobusa

$N$  – broj traka u grupi trakova

$N_B$  – broj autobusa izražen kao broj stajanja autobusa na sat [stajanja/h]

#### 5.2.1.6 Faktor prilagodbe ovisno o vrsti područja

Faktor prilagodbe ovisno o vrsti područja oznake  $f_a$ , koristi se za opisivanje relativne neefikasnosti raskrižja u središnjim poslovnim zonama u usporedbi sa ostalim vrstama područja, zbog često uskih cesta u takvim područjima, velikog broja pješaka i biciklista, velikog broja parkirnih manevara i drugih karakteristika središnjih poslovnih zona. No međutim, ovaj faktor se ne koristi nužno samo za središnje poslovne zone već se upotrebljava za bilo koju vrstu područja na kojem geometrijske karakteristike i tokovi vozila i pješaka utječu na kapacitet raskrižja.

Vrijednost faktora  $f_a$  iznosi 0,900 u središnjim poslovnim zonama, dok se za sve ostale vrste područja uzima vrijednost  $f_a = 1,000$ .

#### 5.2.1.7 Faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka

Faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka  $f_{LU}$  koristi se zbog postojanja nejednake distribucije broja vozila u pojedinim trakama promatrane grupe trakova, koja

nastaje zbog bilo kakvih promjena u karakteristikama ceste prije ili poslije raskrižja. Faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka temelji se na najvećoj prometnoj potražnji određene trake u grupi trakova i računa se formulom (10).

$$f_{LU} = \frac{v_g}{(v_{g1} * N)} \quad (10)$$

Pri čemu je:

$f_{LU}$  – faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka

$v_g$  – prometna potražnja grupe trakova (voz/h)

$v_{g1}$  – prometna potražnja trake s najvećim brojem vozila (voz/h)

$N$  – broj trakova u grupi trakova

#### 5.2.1.8 Faktor prilagodbe za lijevo i desno skretanje u grupi trakova

Oznaka faktora prilagodbe za lijevo skretanje u grupi trakova je  $f_{LT}$ , dok je oznaka za faktor prilagodbe za desno skretanje  $f_{RT}$ . Obje prikazuju utjecaj geometrijskih karakteristika na uvjete odvijanja prometa na raskrižju i obje ovise o određenim varijablama:

- Postoji li traka samo za lijevo ili desno skretanje, traka za ravno i za lijevo skretanje ili traka za ravno i desno skretanje
- Planu faza
- Odnosu lijevih ili desnih skretača i vozila koja nastavljaju ravno, ako se traka koristi za vožnju ravno i za lijevo ili desno skretanje
- Protoku vozila iz suprotnog smjera prilikom lijevog skretanja
- Protok pješaka koji su u konfliktu s lijevim i desnim skretačima

Faktori prilagodbe za lijevo ili desno skretanje, ukoliko postoji zaseban trak isključivo za lijevo ili desno skretanje, iznose  $f_{LT} = 0,95$  i  $f_{RT} = 0,95$ . Ako nema lijevih i desnih skretača u grupi trakova vrijednost faktora  $f_{LT}$  i  $f_{RT}$  iznose 1,000. Ukoliko je prometni trak za ravno i za lijevo skretanje faktor prilagodbe računa se prema formuli (11) a ako je trak za ravno i za desno skretanje koristi se formula (12).

$$f_{LT} = \frac{1}{1,0 + 0,05 * P_{LT}} \quad (11)$$

Pri čemu je:

$f_{LT}$  – faktor prilagodbe za lijevo skretanje u grupi trakova

$P_{LT}$  – udio lijevih skretača u grupi trakova

$$f_{RT} = 1,0 - (0,15) * P_{RT} \quad (12)$$

Pri čemu je:

$f_{RT}$  – faktor prilagodbe za desno skretanje u grupi trakova

$P_{RT}$  – udio desnih skretača u grupi trakova

#### 5.2.1.9 Pješački i biciklistički faktor prilagodbe za lijevo i desno skretanje

Oznake koje se koriste za označavanje pješačkog i biciklističkog faktora prilagodbe za lijevo i desno skretanje su  $f_{Lpb}$  i  $f_{Rpb}$ . Za određivanje faktora potrebno je poznavati vrijeme zauzeća za pješake, konflikte između prometnih tokova te vrijeme trajanja zelenih faza za lijeve ili desne skretače i za pješake i bicikliste.

#### 5.2.2 Kapacitet grupe trakova

Kapacitet odnosno propusna moć grupe trakova određuje se na temelju duljine ciklusa, zasićenog toka i efektivnog zelenog vremena faze grupe trakova, te se računa prema formuli (13).

$$c_i = s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right) [voz/h] \quad (13)$$

Gdje je:

$c_i$  – kapacitet (voz/h)

$C$  – duljina ciklusa (s)

$s_i$  – zasićeni tok

$g_i$  – efektivno zeleno vrijeme za grupu trakova

#### 5.2.3 Stupanj zasićenja

Stupanj zasićenja služi za usporedbu potražnje i propusne moći privoza te se računa prema formuli (14).

$$X_L = \frac{v_L}{c_L} \quad (14)$$

Gdje je:

$X_i$  – stupanj zasićenja grupe trakova

$v_i$  – stvarni intenzitet grupe trakova (voz/h)

$c_i$  – kapacitet grupe trakova

#### 5.2.4 Vrijeme kašnjenja

Vrijeme kašnjenja je vrijeme koje protekne od trenutka kada je vozilo došlo na kraj repa čekanja do trenutka kada prođe kroz stop liniju. Računa se prema formuli (15).

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (15)$$

Pri čemu je:

$d$  – vrijeme kašnjenja

$d_1$  – uniformno vrijeme kašnjenja

PF – progresijski faktor prilagodbe

$d_2$  – inkrementalno vrijeme kašnjenja

$d_3$  – inicijalno vrijeme kašnjenja

##### 5.2.4.1 Progresijski faktor prilagodbe

Ukoliko semafor ima dobru progresiju velik broj vozila će doći do semafora kada za njih traje zelena faza, dok ukoliko je progresija loša samo manji broj vozila će dolaziti tijekom zelene faze, te se upravo zbog toga koristi progresijski faktor prilagodbe koji se računa prema formuli (16).

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)} \quad (16)$$

Pri čemu je:

PF – progresijski faktor prilagodbe

P – udio vozila koja dolaze tijekom zelene faze

$g/C$  – ukupno zeleno vrijeme

$f_{PA}$  – dodatni faktor za vozila koja dolaze u grupi za vrijeme zelene faze

#### 5.2.4.2 Uniformno vrijeme kašnjenja

Uniformno vrijeme kašnjenja prikazuje kašnjenje pod pretpostavkom da su dolasci vozila na raskrižje uniformni, pri stabilnom toku i bez inicijalnog repa čekanja, koje se računa po formuli (17).

$$d_1 = \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} \quad (17)$$

Pri čemu je:

$d_1$  – uniformno vrijeme kašnjenja

C – duljina ciklusa

g – efektivno zeleno vrijeme za grupu trakova

X – stupanj zasićenja za grupu trakova

#### 5.2.4.3 Inkrementalno vrijeme kašnjenja

Inkrementalno vrijeme kašnjenja podrazumijeva neuniformne dolaske vozila na raskrižje i bilo koje druge uvjete koji dovode do povećanja vremena kašnjenja i računa se pomoću jednadžbe (18).

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kLX}{cT}} \right] \quad (18)$$

Pri čemu je:

$d_2$  – inkrementalno vrijeme kašnjenja

T – vremenski period analize

k – inkrementalni faktor kašnjenja koji ovisi o postavkama semaforškog uređaja

l – faktor prilagodbe za manevre nakon raskrižja

c – kapacitet grupe trakova

X – stupanj zasićenja grupe trakova

#### 5.2.4.4 Inicijalno vrijeme kašnjenja

Inicijalno vrijeme kašnjenja podrazumijeva da na raskrižju već postoji rep čekanja zbog kojeg se vozilima koja dolaze na raskrižje dodatno povećava vrijeme kašnjenja. Vrijednost  $d_3$  uzima se nula kada ne postoji više vremenskih perioda analize.



#### 5.2.4.5 Vrijeme kašnjenja za privoz

Vrijeme kašnjenja za pojedini privoz određuje se nakon što se odredi kašnjenje za svaku grupu trakova koristeći formulu (19).

$$d_A = \frac{\sum d_i * \sum v_i}{\sum v_i} \quad (19)$$

Pri čemu je:

$d_A$  – vrijeme kašnjenja privoza

$d_i$  – vrijeme kašnjenja grupe trakova

$v_i$  – prilagođeni broj vozila u grupi trakova

#### 5.2.4.6 Vrijeme kašnjenja na cijelom raskrižju

Vrijeme kašnjenja na cijelom raskrižju određuje se nakon što se odredi vrijeme kašnjenja za sve privoze na raskrižju i računa se formulom (20).

$$d_I = \frac{\sum d_A * \sum v_A}{\sum v_A} \quad (20)$$

Pri čemu je:

$d_I$  – vrijeme kašnjenja vozila za raskrižje

$d_A$  – vrijeme kašnjenja privoza

$v_A$  – prilagođeni broj vozila za privoz

#### 5.2.5 Duljina repa čekanja semaforiziranih raskrižja

Duljina repa čekanja bitan je parametar koji se određuje kao duljina nakupljanja vozila ispred stop crte na raskrižju. Računa se po formuli (21).

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (21)$$

Pri čemu je:

$Q$  – duljina repa čekanja, (voz)

$Q_1$  – duljina repa čekanja prvog reda vozila, (voz)

$Q_2$  – duljina repa čekanja drugog reda vozila, (voz)

Duljina repa čekanja prvog reda vozila računa se pod pretpostavkom da je razdioba dolazaka vozila na raskrižje uniformna i računa se formulom (22).

$$Q_1 = PF_2 * \frac{\frac{v_L * C}{3600} * \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \left[\min(1, X_L) * \frac{g}{C}\right]} \quad (22)$$

Pri čemu je:

$Q_1$  – duljina repa čekanja prvog reda vozila, (voz)

$PF_2$  – progresijski faktor prilagodbe

$v_L$  – protok vozila za grupu trakova po traku (voz/h)

$C$  – duljina ciklusa

$g$  – efektivno zeleno vrijeme

$X_L$  – stupanj zasićenja grupe trakova

Progresijski faktor prilagodbe računa se prema formuli (23).

$$PF_2 = \frac{\left(1 - R_p * \frac{g}{C}\right) * \left(1 - \frac{v_L}{s_L}\right)}{\left(1 - \frac{g}{C}\right) * \left[1 - R_p * \left(\frac{v_L}{s_L}\right)\right]} \quad (23)$$

Pri čemu je:

$PF_2$  – progresijski faktor prilagodbe

$v_L$  – protok vozila za grupu trakova (voz/h)

$s_L$  – zasićeni prometni tok grupe trakova (voz/h)

$C$  – duljina ciklusa (s)

$g$  – efektivno zeleno vrijeme (s)

$R_p$  – parametar vrste dolazaka na raskrižje

Duljina repa čekanja drugog reda vozila povezana je s inkrementalnim povećanjem broja vozila koje može dovesti i do zagušenja čak i kada je potražnja niža od kapaciteta prometnice i računa se formulom (24).

$$Q_2 = 0,25 * c_L * T * \left[ (X_L - 1) + \sqrt{(X_L - 1)^2 + \frac{8 * k_B * X_L}{c_L * T} + \frac{16 * k_B * Q_{bL}}{(c_L * T)^2}} \right] \quad (24)$$

Pri čemu je:

$Q_2$  – duljina repa čekanja drugog reda vozila, (voz)

$c_L$  – kapacitet grupe trakova (voz/h)

$T$  – period analize

$X_L$  – stupanj zasićenja grupe trakova

$k_B$  – faktor prilagodbe za nejednolike dolaske na raskrižje

$Q_{bL}$  – inicijalni rep čekanja na početku perioda analize (voz)

$C$  – duljina ciklusa (s)

Faktor prilagodbe za nejednolike dolaske na raskrižje sa fiksnim vremenom trajanja ciklusa računa se po formuli (25), dok se za raskrižja sa adaptivnim modelom upravljanja računa prema formuli (26).

$$k_B = 0,12 I * \left( \frac{s_L * g}{3600} \right)^{0,7} \quad (25)$$

$$k_B = 0,10 I * \left( \frac{s_L * g}{3600} \right)^{0,6} \quad (26)$$

Pri čemu su:

$k_B$  - faktor prilagodbe za nejednolike dolaske na raskrižje

$s_L$  – zasićeni prometni tok grupe trakova (voz/h)

$g$  – efektivno zeleno vrijeme (s)

$I$  – faktor prilagodbe za manevre nakon raskrižja

### 5.3 Analiza propusne moći i razine usluge raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohničeve ulice

Konkretna analiza provesti će se za istočni privoz predmetnog raskrižja za grupu trakova za ravno, odnosno za jedan kritični trak, s vrijednostima utvrđenima na terenu, koja za 30. Lipanj 2021. iznosi  $s_0 = 1523$  voz/h, te za 2. Srpanj 2021. iznosi  $s_0 = 1574$  voz/h. Predmetno raskrižje nalazi se u stambeno-poslovnoj zoni, glavni privozi su istočni i zapadni privozi Slavonske avenije, dok su sporedni privozi, sjeverni Ulica 13. Vrbik, te južni privoz Marohničeva ulica.

#### 5.3.1 Određivanje zasićenog prometnog toka prolazne grupe trakova

Zasićeni prometni tok utvrđen je na terenu mjerenjem vrijednosti pražnjenja vozila iza stop linije, mjerenjem vremena prolaska prednje osovine četvrtog vozila preko stop linije te vremena prolaska prednje osovine zadnjeg vozila u zelenoj fazi preko stop linije. Potrebno je utvrditi vrijednosti vremena slijeda za minimalno 8 vozila u 15 mjerenja kako bi se osigurala

zadovoljavajuća razina točnosti vremena slijeda vozila. Formulom (27) dobiva se vrijednost vremena slijeda kao što je prikazano tablicama 5-1. i 5-2.

$$t_h = \frac{t_{zadnjegovozila} - t_{4vozila}}{n_{zadnje} - 4} \quad (27)$$

Tablica 5-1. Vremena slijeda za grupu trakova, 30.6.2021.

30.6.2021				
Mjerenje	$t_{4vozila}$ (s)	$t_{zadnjegovozila}$ (s)	$n_{zadnje}$ (voz)	$t_h$ (s)
1	08:01:47.523	08:02:39.950	16	4,361
2	08:04:20.209	08:05:10.917	25	2,415
3	08:06:46.515	08:07:39.603	29	2,124
4	08:09:16.589	08:10:11.594	29	2,200
5	08:11:46.721	08:12:44.346	28	2,401
6	08:14:17.630	08:15:09.627	26	2,364
7	08:16:47.506	08:17:40.396	27	2,301
8	08:19:19.696	08:20:00.553	21	2,403
9	08:21:46.134	08:22:41.998	24	2,793
10	08:24:12.076	08:25:10.155	24	2,904
11	08:26:45.621	08:27:37.784	23	2,745
12	08:29:14.505	08:30:11.329	29	2,273
13	08:31:46.398	08:32:40.709	28	2,263
14	08:34:08.671	08:35:11.543	31	2,329
15	08:36:47.835	08:37:39.932	31	1,930

Tablica 5-2. Vremena slijeda za grupu trakova, 2.7.2021.

2.7.2021				
Mjerenje	$t_{4\text{vozila}} (s)$	$t_{\text{zadnjegvozila}} (s)$	$n_{\text{zadnje}} (voz)$	$t_h (s)$
1	08:01:48.041	08:02:41.889	22	2,992
2	08:04:19.768	08:05:11.203	28	2,143
3	08:06:50.569	08:07:43.195	27	2,288
4	08:09:18.793	08:10:12.178	22	2,966
5	08:11:46.983	08:12:41.062	28	2,253
6	08:14:17.487	08:15:13.484	29	2,240
7	08:16:53.313	08:17:41.922	21	2,859
8	08:19:16.214	08:20:05.732	24	2,476
9	08:21:49.131	08:22:42.086	26	2,407
10	08:24:18.279	08:25:08.128	28	2,077
11	08:26:49.147	08:27:40.251	29	2,044
12	08:29:21.171	08:30:14.425	29	2,130
13	08:31:46.750	08:32:43.143	25	2,685
14	08:34:16.328	08:35:11.730	26	2,518
15	08:36:49.279	08:37:38.400	26	2,233

Za vrijednosti prikazane u zadnjem stupcu tablica 5-1. i 5-2. određuje se medijalna vrijednost, koja kod tablice 5-1. iznosi  $t_h = 2,364$  s, dok u tablici 5-2. iznosi  $t_h = 2,288$  s.

Formulom (28) određuje se vrijednost zasićenog prometnog toka grupe trakova.

$$s_L = \frac{3600}{t_h} \quad (28)$$

Za istraživanje provedeno 30.6.2021.  $s_L$  iznosi:

$$s_L = \frac{3600}{2,364} = 1523 \text{ voz/h}$$

Za istraživanje provedeno 2.7.2021.  $s_L$  iznosi:

$$s_L = \frac{3600}{2,288} = 1574 \text{ voz/h}$$

### 5.3.2 Analiza razine usluge istočnog privoza raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohničeve ulice

Analiza je provedena za istočni privoz predmetnog raskrižja za grupu trakova za ravno, odnosno za jedan kritični trak s vrijednošću zasićenog prometnog toka utvrđenima na terenu koja dana 30. Lipnja 2021. iznosi  $s_0 = 1523$  voz/h, te 2. Srpanj 2021. iznosi  $s_0 = 1574$  voz/h.

Podatci za datum 30.6.2021.

- Vrijeme: 08:00 – 09:00 h
- $s_0 = 1523$  voz/h
- postotak teških vozila (%HV) = 4,11%
- Faktor vršnog sata (FVS) = 0,919
- Širina prometnog traka,  $W = 3,5$  m
- Duljina trajanja zelenog svjetla,  $g = 65$  s
- Duljina trajanja ciklusa,  $C = 150$  s
- Izgubljeno vrijeme u fazi = 5 s
- Postoje tri prolazna traka za ravno
- U neposrednoj blizini raskrižja ne postoji parking
- U neposrednoj blizini raskrižja ne postoji autobusno stajalište
- Raskrižje se nalazi na ravnom terenu
- Raskrižje se nalazi u poslovno – stambenoj zoni

Tablica 5-3. Broj vozila u 5-to minutnim intervalima

Vrijeme	30.6.2021, 08:00 - 09:00		
	Privozi za ravno		
	Desni	Srednji	Lijevi
0 - 5	42	49	49
5 - 10	54	53	63
10 - 15	43	64	66
15 - 20	46	59	57
20 - 25	53	57	49
25 - 30	50	55	64
30 -35	54	60	64
35 - 40	49	63	69
40 - 45	43	62	66
45 - 50	45	60	65
50 - 55	42	58	57
55 - 60	51	60	54
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>572</b>	<b>700</b>	<b>723</b>

Tablica 5-4. Vrijednosti mjerodavnih protoka na istočnom privozu

30.6.2021.			
Mjerodavni protok za trakove za ravno i za grupu trakova za ravno			
$q_{MJ} = 12 * q_{5max}$			
$q_{MJ}$ za desni trak	12*54	648	voz/h
$q_{MJ}$ za srednji trak	12*64	768	voz/h
$q_{MJ}$ za lijevi trak	12*69	828	voz/h
$q_{MJ}$ za grupu trakova za ravno	12*181	2172	voz/h

Tablica 5-5. Faktor vršnog sata za grupu trakova za ravno i za pojedine trakove

30.6.2021.			
Faktor vršnog sata za trakove za ravno i za grupu trakova za ravno			
$FVS = q_{uk} / q_{MJ}$			
$FVS$ za desni trak	572/648	0,883	voz/h
$FVS$ za srednji trak	700/768	0,911	voz/h
$FVS$ za lijevi trak	723/828	0,873	voz/h
$FVS$ za grupu trakova za ravno	1995/2172	0,919	voz/h

Vrijednost zasićenog prometnog toka iznosi  $s_L = 1523$  voz/tr/h

1. Faktor prilagodbe širine prometnog traka

$$f_W = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9} = 1 + \frac{(3,25 - 3,6)}{9} = 0,961$$

2. Faktor prilagodbe teških vozila

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV * (E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 4,11 * (2 - 1)} = 0,961$$

3. Faktor prilagodbe nagiba kolnika

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} = 1 - \frac{0}{200} = 1,000$$

4. Faktor prilagodbe u slučaju parkiranja

$f_p = 1,000$  – zato što u neposrednoj blizini raskrižja nema parkinga

5. Faktor prilagodbe u slučaju blokiranja prometa od strane autobusa

$f_{bb} = 1,000$  – zbog toga što ne postoji autobusno stajalište zbog kojeg bi autobus blokirao promet

6. Faktor prilagodbe ovisno o vrsti područja

$f_a = 0,900$  – zbog toga što je raskrižje u poslovno - stambenoj zoni

7. Faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka

$$f_{LU} = \frac{v_g}{(v_{g1} * N)} = \frac{1995}{3 * 723} = 0,920$$

8. Faktori prilagodbe za lijeve i desne skretače

$f_{LT} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

$f_{RT} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

9. Pješачki i biciklistički faktor prilagodbe za lijevo i desno skretanje

$f_{Lpb} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

$f_{Rpb} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

10. Zasićeni prometni tok

$$s_L = s_0 * N * f_W * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

Kada se zanemare faktori čija je vrijednost jednaka 1,000, dobije se sljedeća modificirana jednadžba

$$s_L = s_0 * N$$

$$s_L = 1523 * 3 = 4569 \text{ voz/h}$$

11. Kapacitet grupe trakova

$$c_L = s_L * \left(\frac{g_i}{C}\right) = 4569 * \frac{75}{150} = 2285 \text{ voz/h}$$



12. Stupanj zasićenja grupe trakova

$$X_L = \frac{v_L}{c_L} = \frac{2172}{2285} = 0,950$$

13. Uniformno vrijeme kašnjenje

$$d_1 = \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0,5 * 150 * \left(1 - \frac{75}{150}\right)^2}{1 - \left[0,950 * \frac{75}{150}\right]} = 35,71 \text{ s/voz}$$

14. Inkrementalno vrijeme kašnjenja

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right]$$
$$d_2 = 900 * 0,25 \left[ (0,950 - 1) + \sqrt{(0,950 - 1)^2 + \frac{8 * 0,5 * 0,950}{2285 * 0,25}} \right] = 10,27 \text{ s/voz}$$

15. Kašnjenje grupe trakova

Vrijednost progresijskog faktora PF = 1,000

$$d = d_1(PF) + d_2$$

$$d = 35,71 * (1,000) + 10,27 = 45,98 \text{ s/voz}$$

16. Razina usluge

Prema tablici HCM – razina usluge za promatranu grupu trakova je: LOS D

17. Duljina repa čekanja prvog reda vozila

Vrijednost progresijskog faktora iznosi: PF<sub>2</sub> = 1,000

$$Q_1 = PF_2 * \frac{\frac{v_L * C}{3600} * \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \left[\min(1,0, X_L) * \frac{g}{C}\right]}$$

$$Q_1 = 1,000 * \frac{\frac{2172 * 150}{3600} * \left(1 - \frac{75}{150}\right)}{1 - \left[0,950 * \frac{75}{150}\right]} = 87 \text{ voz}$$

18. Duljina repa čekanja drugog reda vozila

$$Q_2 = 0,25 * c_L * T * \left[ (X_L - 1) + \sqrt{(X_L - 1)^2 + \frac{8 * k_B * X_L}{c_L * T} + \frac{16 * k_B * Q_{bL}}{(c_L * T)^2}} \right]$$

$$k_B = 0,12 I * \left( \frac{s_L * g}{3600} \right)^{0,7}$$

$$k_B = 0,12 * \left( \frac{4569 * 75}{3600} \right)^{0,7} = 2,912$$

$$Q_2 = \frac{2285 * 0,25}{4} \left[ (0,950 - 1) + \sqrt{(0,950 - 1)^2 + \frac{8 * 2,912 * 0,950}{2285 * 0,25} + \frac{16 * 2,912 * 0,950}{(2285 * 0,25)^2}} \right]$$

$$Q_2 = 22 \text{ voz}$$

19. Duljina repa čekanja

$$Q = Q_1 + Q_2 = 87 + 22 = 109 \text{ voz}$$

Podatci za datum 2.7.2021.

- Vrijeme: 08:00 – 09:00 h
- $s_0 = 1574 \text{ voz/h}$
- postotak teških vozila (%HV) = 5,05%
- Faktor vršnog sata (FVS) = 0,886
- Širina prometnog traka,  $W = 3,5 \text{ m}$
- Duljina trajanja zelenog svjetla,  $g = 65 \text{ s}$
- Duljina trajanja ciklusa,  $C = 150 \text{ s}$
- Izgubljeno vrijeme u fazi = 5 s
- Postoje tri prolazna traka za ravno
- U neposrednoj blizini raskrižja ne postoji parking
- U neposrednoj blizini raskrižja ne postoji autobusno stajalište
- Raskrižje se nalazi na ravnom terenu
- Raskrižje se nalazi u poslovno – stambenoj zoni

Tablica 5-6. Broj vozila 2.7.2021.

Vrijeme	2.7.2021, 08:00 - 09:00		
	Privozi za ravno		
	Desni	Srednji	Lijevi
0 - 5	50	55	59
5 - 10	54	61	62
10 - 15	37	55	61
15 - 20	41	52	56
20 - 25	43	63	59
25 - 30	47	52	64
30 - 35	32	52	62
35 - 40	38	59	61
40 - 45	36	52	59
45 - 50	38	59	58
50 - 55	49	50	58
55 - 60	36	57	55
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>501</b>	<b>667</b>	<b>714</b>

Tablica 5-7. Mjerodavni protok za grupu trakova za ravno i za pojedini trak

2.7.2021			
Mjerodavni protok za trakove za ravno i za grupu trakova za ravno			
$q_{MJ} = 12 * q_{5max}$			
$q_{MJ}$ za desni trak	12*54	648	voz/h
$q_{MJ}$ za srednji trak	12*63	756	voz/h
$q_{MJ}$ za lijevi trak	12*64	768	voz/h
$q_{MJ}$ za grupu trakova za ravno	12*177	2124	voz/h

Tablica 5-8. Faktor vršnog sata za grupu trakova za ravno i za svaki pojedini trak

2.7.2021			
Faktor vršnog sata za trakove za ravno i za grupu trakova za ravno			
FVS = $q_{uk} / q_{MJ}$			
FVS <sub>za desni trak</sub>	501/648	0,773	voz/h
FVS <sub>za srednji trak</sub>	667/756	0,882	voz/h
FVS <sub>za lijevi trak</sub>	714/768	0,930	voz/h
FVS <sub>za grupu trakova za ravno</sub>	1882/2124	0,886	voz/h

Vrijednost zasićenog prometnog toka iznosi  $s_L = 1574$  voz/tr/h

1. Faktor prilagodbe širine prometnog traka

$$f_W = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9} = 1 + \frac{(3,25 - 3,6)}{9} = 0,961$$

2. Faktor prilagodbe teških vozila

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV * (E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 5,05 * (2 - 1)} = 0,952$$

3. Faktor prilagodbe nagiba kolnika

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200} = 1 - \frac{0}{200} = 1,000$$

4. Faktor prilagodbe u slučaju parkiranja

$f_p = 1,000$  – zato što u neposrednoj blizini raskrižja nema parkinga

5. Faktor prilagodbe u slučaju blokiranja prometa od strane autobusa

$f_{bb} = 1,000$  – zbog toga što ne postoji autobusno stajalište zbog kojeg bi autobus blokirao promet

6. Faktor prilagodbe ovisno o vrsti područja

$f_a = 0,900$  – zbog toga što je raskrižje u poslovno - stambenoj zoni

7. Faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka

$$f_{LU} = \frac{v_g}{(v_{g1} * N)} = \frac{1882}{3 * 714} = 0,878$$

8. Faktori prilagodbe za lijeve i desne skretače

$f_{LT} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

$f_{RT} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

9. Pješачki i biciklistički faktor prilagodbe za lijevo i desno skretanje

$f_{Lpb} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

$f_{Rpb} = 1,000$  – zbog toga što se promatra grupa trakova za ravno

10. Zasićeni prometni tok

$$s_L = s_0 * N * f_W * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb}$$

Kada se zanemare faktori čija je vrijednost jednaka 1,000, dobije se sljedeća modificirana jednadžba

$$s_L = s_0 * N$$

$$s_L = 1574 * 3 = 4722 \text{ voz/h}$$

11. Kapacitet grupe trakova

$$c_L = s_L * \left(\frac{g_i}{C}\right) = 4722 * \frac{75}{150} = 2361 \text{ voz/h}$$

12. Stupanj zasićenja grupe trakova

$$X_L = \frac{v_L}{c_L} = \frac{2124}{2361} = 0,899$$

13. Uniformno vrijeme kašnjenje

$$d_1 = \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]} = \frac{0,5 * 150 * \left(1 - \frac{75}{150}\right)^2}{1 - \left[0,899 * \frac{75}{150}\right]} = 34,06 \text{ s/voz}$$

14. Inkrementalno vrijeme kašnjenja

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right]$$

$$d_2 = 900 * 0,25 \left[ (0,899 - 1) + \sqrt{(0,899 - 1)^2 + \frac{8 * 0,5 * 0,899}{2361 * 0,25}} \right] = 5,99 \text{ s/voz}$$

15. Kašnjenje grupe trakova

Vrijednost progresijskog faktora PF = 1,000

$$d = d_1(PF) + d_2$$

$$d = 34,06 * (1,000) + 5,99 = 40,05 \text{ s/voz}$$

16. Razina usluge

Prema tablici HCM – razina usluge za promatranu grupu trakova je: LOS D

17. Duljina repa čekanja prvog reda vozila

Vrijednost progresijskog faktora iznosi: PF<sub>2</sub> = 1,000

$$Q_1 = PF_2 * \frac{\frac{v_L * C}{3600} * \left(1 - \frac{g}{C}\right)}{1 - \left[\min(1,0, X_L) * \frac{g}{C}\right]}$$

$$Q_1 = 1,000 * \frac{\frac{2124 * 150}{3600} * \left(1 - \frac{75}{150}\right)}{1 - \left[0,899 * \frac{75}{150}\right]} = 81 \text{ voz}$$

18. Duljina repa čekanja drugog reda vozila

$$Q_2 = 0,25 * c_L * T * \left[ (X_L - 1) + \sqrt{(X_L - 1)^2 + \frac{8 * k_B * X_L}{c_L * T} + \frac{16 * k_B * Q_{bL}}{(c_L * T)^2}} \right]$$

$$k_B = 0,12 I * \left( \frac{s_L * g}{3600} \right)^{0,7}$$

$$k_B = 0,12 * \left( \frac{4569 * 75}{3600} \right)^{0,7} = 2,979$$

$$Q_2 = \frac{2361 * 0,25}{4} \left[ (0,899 - 1) + \sqrt{(0,899 - 1)^2 + \frac{8 * 2,979 * 0,899}{2361 * 0,25} + \frac{16 * 2,979 * 0,899}{(2361 * 0,25)^2}} \right]$$

$$Q_2 = 17 \text{ voz}$$

19. Duljina repa čekanja

$$Q = Q_1 + Q_2 = 81 + 17 = 98 \text{ voz}$$

5.4 Usporedba rezultata

U tablici 5-9. prikazana je usporedba rezultata istraživanja provedenog 7. i 24. prosinca 2019. godine, s rezultatima istraživanja provedenog 30. lipnja i 2. srpnja 2021. godine, za istočni privoz Slavonske avenije, na raskrižju Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Marohničeve ulice.

Tablica 5-9. Usporedba rezultata istraživanja iz 2019. godine i istraživanja iz 2021. godine

		30.6.2021	7.12.2019.	2.7.2021.	24. 12 2019.
Zasićeni prometni tok	$s_L$ [voz/h]	4569	2 769	4722	3 690
Kapacitet grupe trakova	$c_L$ [voz/h]	2285	2 123	2361	2 829
Stupanj zasićenja grupe trakova	$X_L$	0,95	0,786	0,899	0,568
Uniformno vrijeme kašnjenja	$d_1$ [s/voz]	35,7	10,3	34	7,2
Inkrementalno vrijeme kašnjenja	$d_2$ [s/voz]	10,3	3	6	0,8
Kašnjenje grupe trakova	$d$ [s/voz]	46	13,3	40	8
Razina usluge	LOS	D	B	D	A
Duljina repa čekanja prvog reda vozila	$Q_1$ [voz]	87	41	81	28
Duljina repa čekanja drugog reda vozila	$Q_2$ [voz]	22	9	17	4
Duljina repa čekanja	$Q$ [voz]	109	50	98	32

Iz tablice 5-9. vidljive su razlike između važnijih varijabli, koje nastaju ne samo kao rezultat nešto većeg ukupnog broja vozila već i zbog određenih razlika u strukturi prometnog toka, kao što su udio teških vozila u prometnom toku koji u istraživanju iz 7. prosinca 2019. godine iznosi 4,64% dok je u istraživanjima iz ovog diplomskog rada, 30. lipnja utvrđen udio teških vozila od 4,11%, a 2. srpnja udio teških vozila od 5,05%.

Druga važna razlika je u efektivnom zelenom vremenu u fazi koje u istraživanju iz 2019. iznosi 110 sekundi, dok u istraživanju iz ovog diplomskog rada ono iznosi 75 sekundi.

Iz tablice 5-9. vidljiv je pad razine usluge grupe trakova istočnog privoza, sa razina usluge LOS B i LOS A utvrđenih istraživanjem iz 2019. godine, na razinu usluge LOS D utvrđene u istraživanju iz ovog diplomskog rada.



## 6. ANALIZA VREMENA SLIJEDA PROMETNIH TOKOVA NA ISTOČNOM PRIVOZU RASKRIŽJA SLAVONSKE AVENIJE, ULICE 13. VRBIK I ULICE JOSIPA MAROHNICA

Analiza vremena slijeda prometnih tokova obavljena je kako bi se dobio detaljan uvid u odvijanje prometnih tokova na raskrižju, te za usporedbu sa rezultatima iz prethodnih istraživanja, na temelju koje je moguće odrediti nedostatke i predložiti određene mjere za poboljšavanje stanja na promatranom raskrižju.

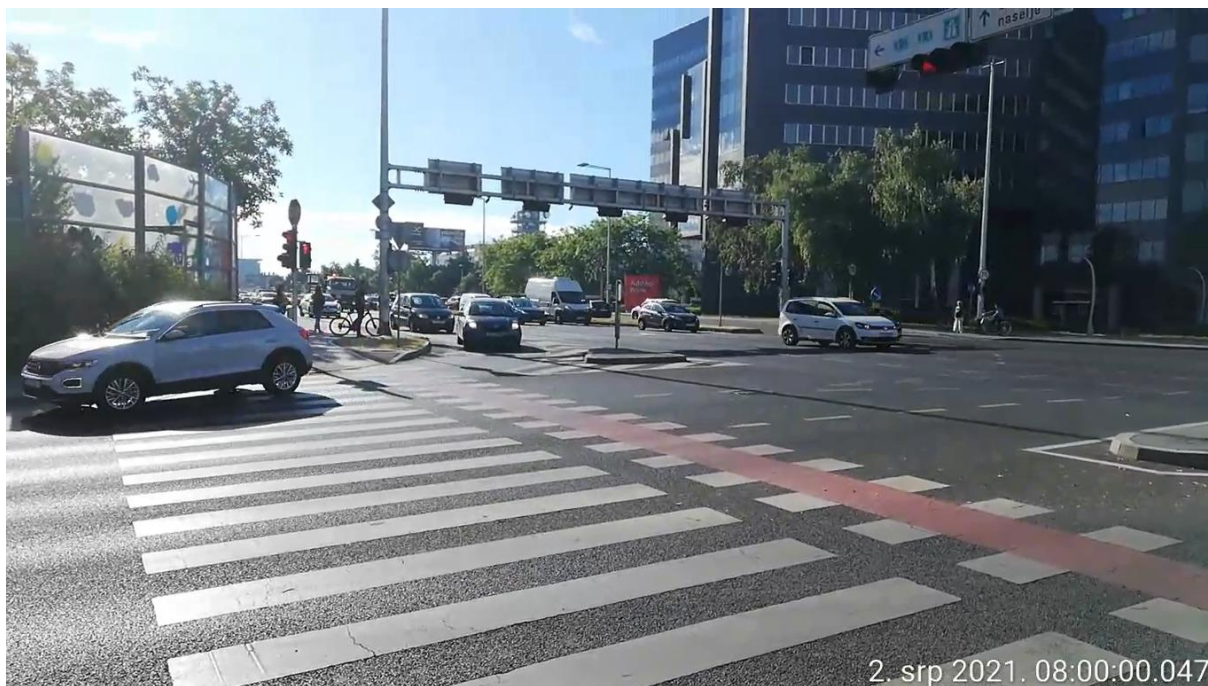
Brojanje i snimanje prometa odrađeno je u razdoblju od 08:00 do 09:00, 30.6.2021. (srijeda), i 2.7.2021. (petak).

Snimanje je odrađeno pomoću aplikacije Timestamp, koja omogućuje vremensku preciznost do tisućinke sekunde, te smanjenu brzinu reprodukcije videa za preciznije određivanje točnog vremenskog prolaska prednje osovine vozila preko stop linije.

Na slikama 33 i 34 prikazani su datumi snimanja prometnih tokova.



Slika 6-1. Snimanje prometa na predmetnom raskrižju 30.6.2021.



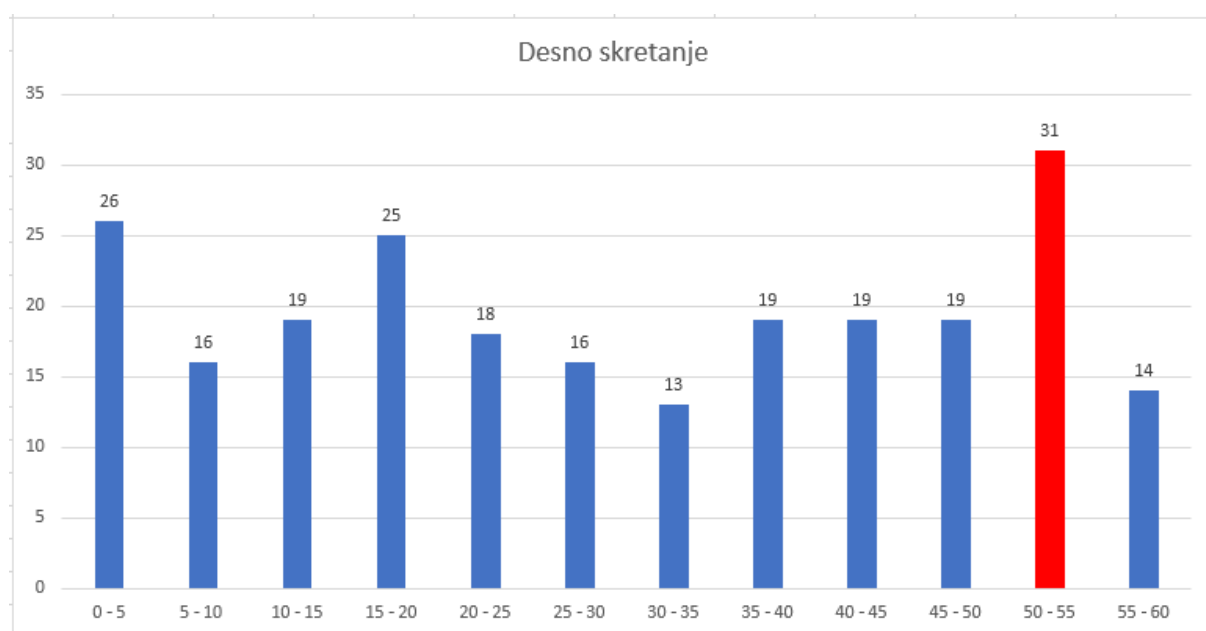
Slika 6-2. Snimanje prometa na predmetnom raskrižju 2.7.2021.

## 6.1 Rezultati brojanja prometa na predmetnom raskrižju

U sljedećim tablicama i grafikonima prikazani su rezultati brojanja prometa prikupljeni 30.6.2021. i 2.7.2021. godine.

Tablica 6-1. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.

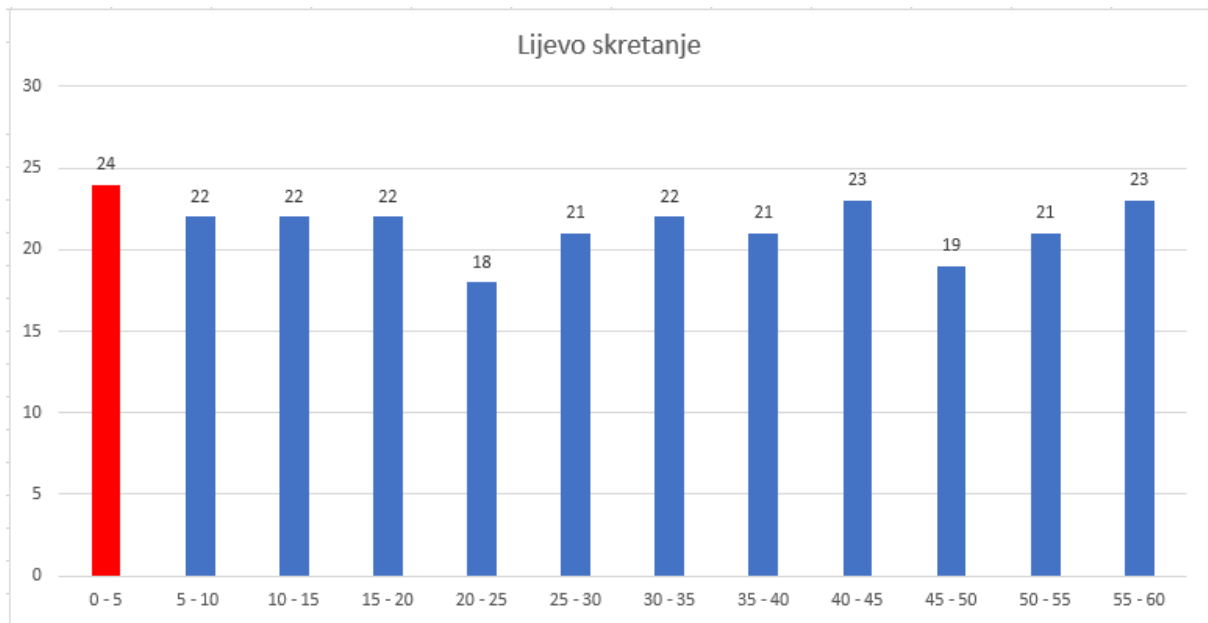
30.6.2021	
Desno skretanje Smjer Slavonska avenija - Ulica 13. Vrbik	
Vremenski interval	Broj vozila
0 - 5	26
5 - 10	16
10 - 15	19
15 - 20	25
20 - 25	18
25 - 30	16
30 - 35	13
35 - 40	19
40 - 45	19
45 - 50	19
50 - 55	31
55 - 60	14
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>235</b>



Grafikon 6-1. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.

Tablica 6-2. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.

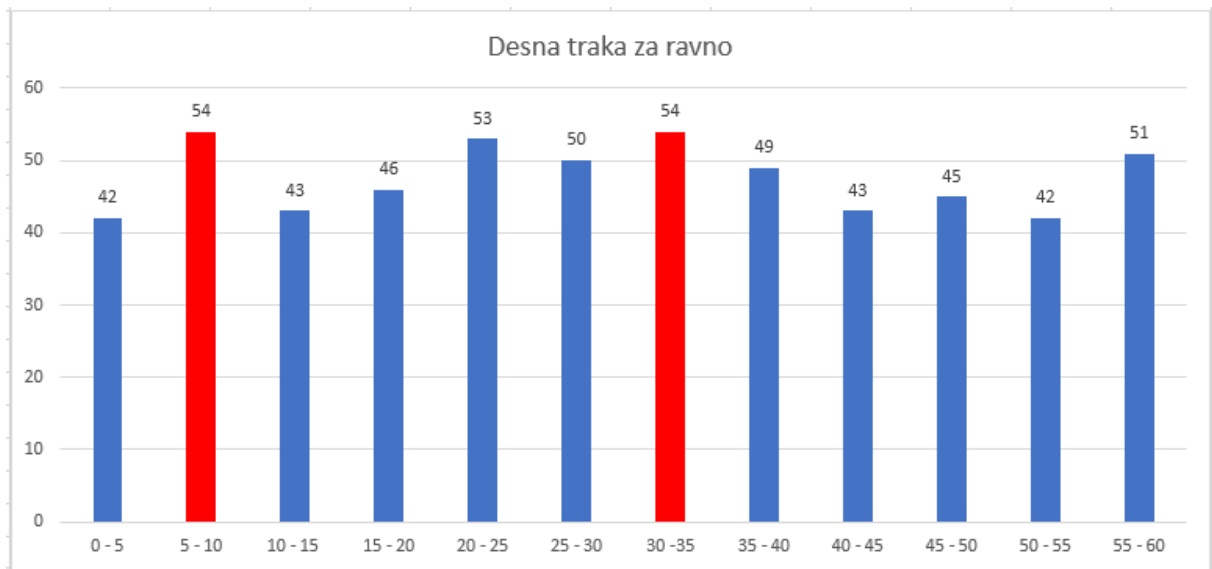
30.6.2021	
Lijevo skretanje Smjer Slavonska avenija- Ulica Josipa Marohnića	
Vremenski interval	Broj vozila
0 - 5	24
5 - 10	22
10 - 15	22
15 - 20	22
20 - 25	18
25 - 30	21
30 - 35	22
35 - 40	21
40 - 45	23
45 - 50	19
50 - 55	21
55 - 60	23
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>258</b>



Grafikon 6-2. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.

Tablica 6-3. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.

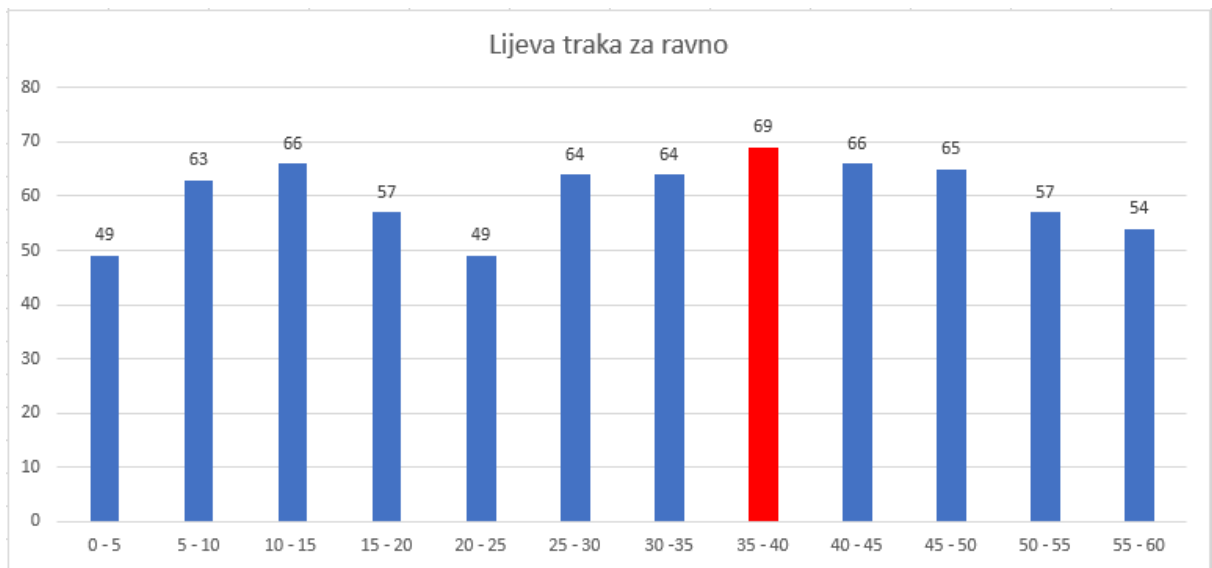
Vrijeme	30.6.2021, 08:00 - 09:00		
	Trake za ravno		
	Desna	Srednja	Lijeva
0 - 5	42	49	49
5 - 10	54	53	63
10 - 15	43	64	66
15 - 20	46	59	57
20 - 25	53	57	49
25 - 30	50	55	64
30 - 35	54	60	64
35 - 40	49	63	69
40 - 45	43	62	66
45 - 50	45	60	65
50 - 55	42	58	57
55 - 60	51	60	54
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>572</b>	<b>700</b>	<b>723</b>



Grafikon 6-3. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.



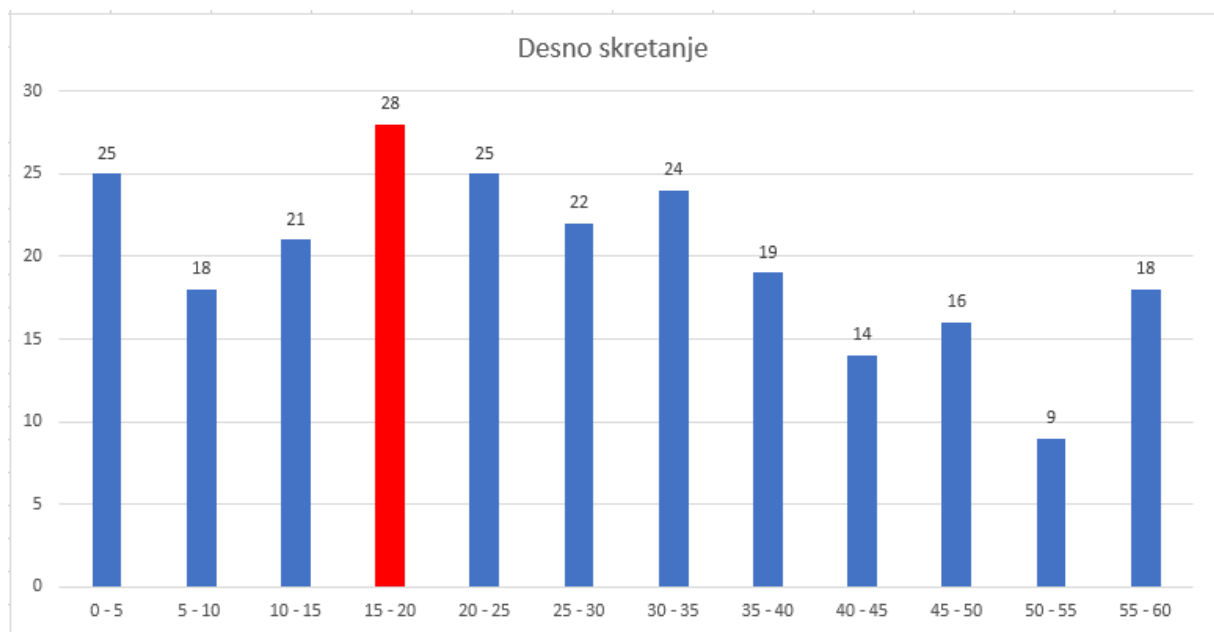
Grafikon 6-4. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.



Grafikon 6-5. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.

Tablica 6-4. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.

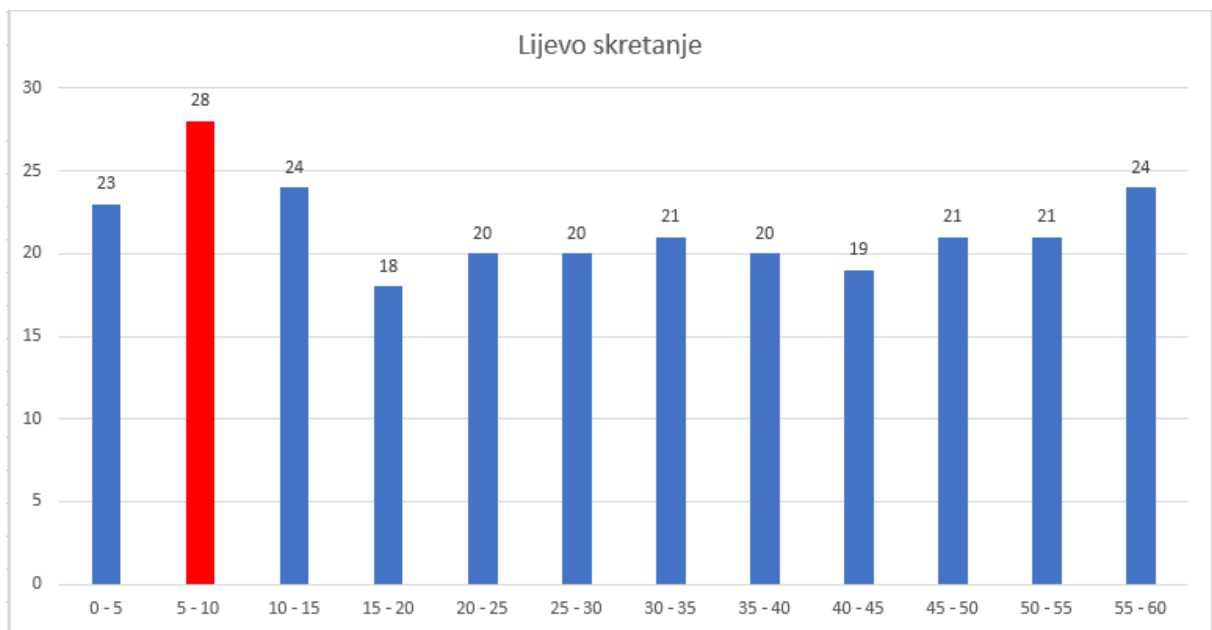
2.7.2021	
Desno skretanje Smjer Slavonska avenija - Ulica 13. Vrbik	
Vremenski interval	Broj vozila
0 - 5	25
5 - 10	18
10 - 15	21
15 - 20	28
20 - 25	25
25 - 30	22
30 - 35	24
35 - 40	19
40 - 45	14
45 - 50	16
50 - 55	9
55 - 60	18
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>239</b>



Grafikon 6-6. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.

Tablica 6-5. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.

2.7.2021	
Lijevo skretanje Smjer Slavonska avenija - Ulica Josipa Marohnića	
Vremenski interval	Broj vozila
0 - 5	23
5 - 10	28
10 - 15	24
15 - 20	18
20 - 25	20
25 - 30	20
30 - 35	21
35 - 40	20
40 - 45	19
45 - 50	21
50 - 55	21
55 - 60	24
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>259</b>

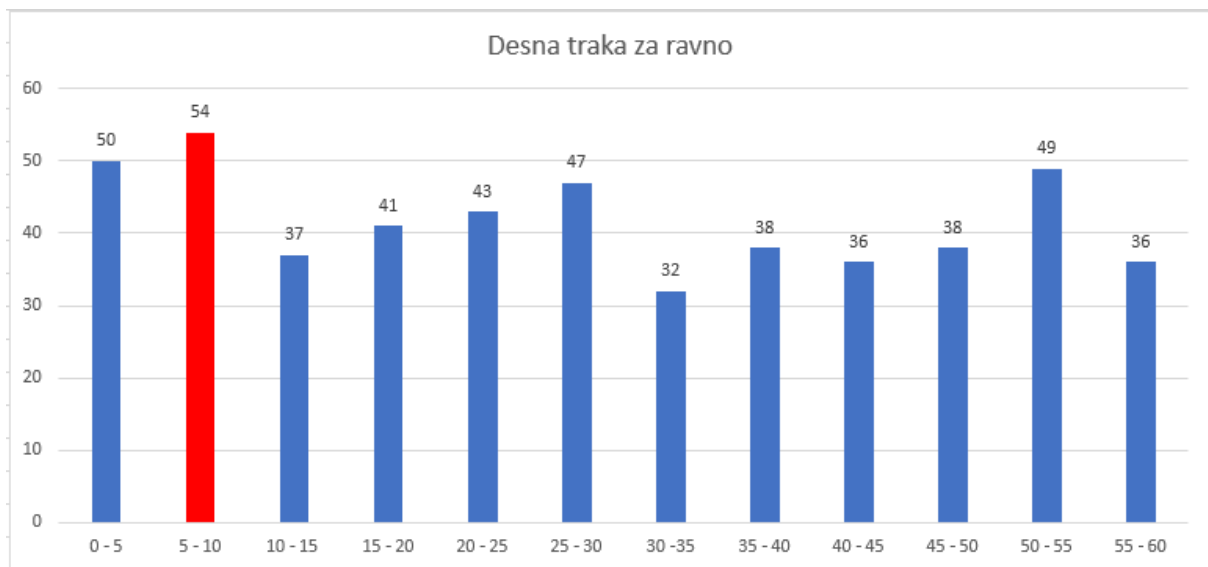


Grafikon 6-7. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.

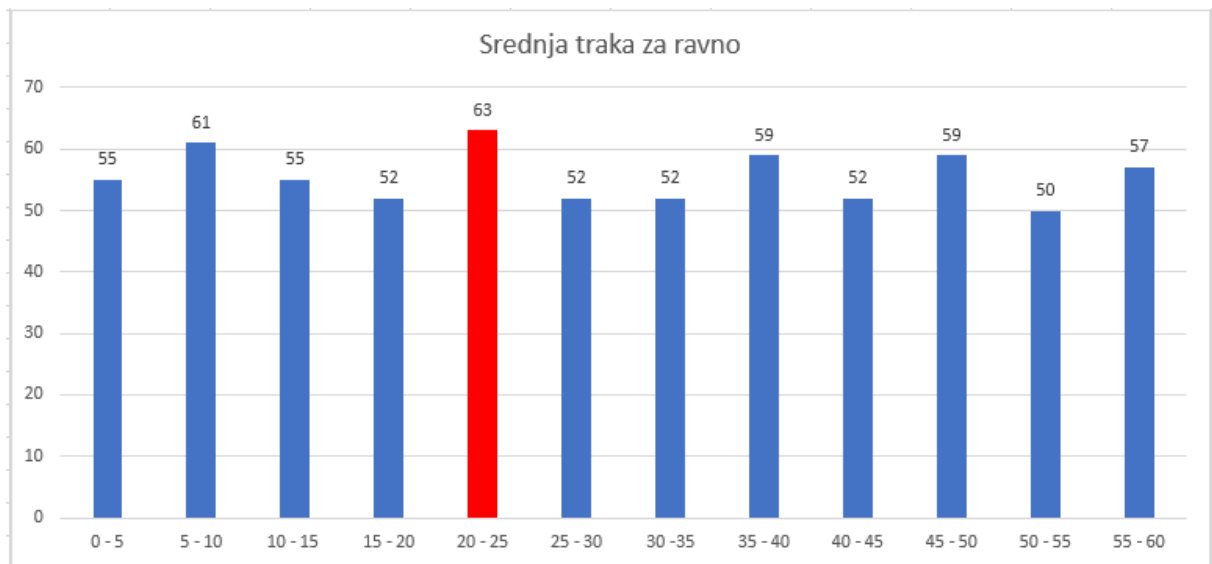


Tablica 6-6. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.

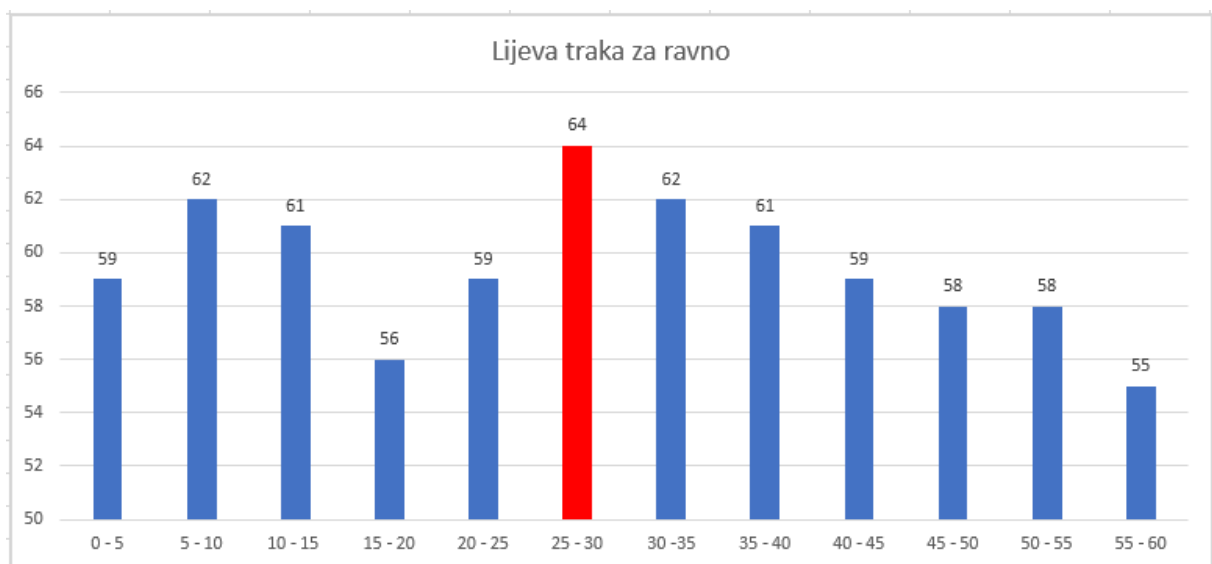
Vrijeme	2.7.2021, 08:00 - 09:00		
	Trake za ravno		
	Desna	Srednja	Lijeva
0 - 5	50	55	59
5 - 10	54	61	62
10 - 15	37	55	61
15 - 20	41	52	56
20 - 25	43	63	59
25 - 30	47	52	64
30 -35	32	52	62
35 - 40	38	59	61
40 - 45	36	52	59
45 - 50	38	59	58
50 - 55	49	50	58
55 - 60	36	57	55
<b>Suma [voz/h]</b>	<b>501</b>	<b>667</b>	<b>714</b>



Grafikon 6-8. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.



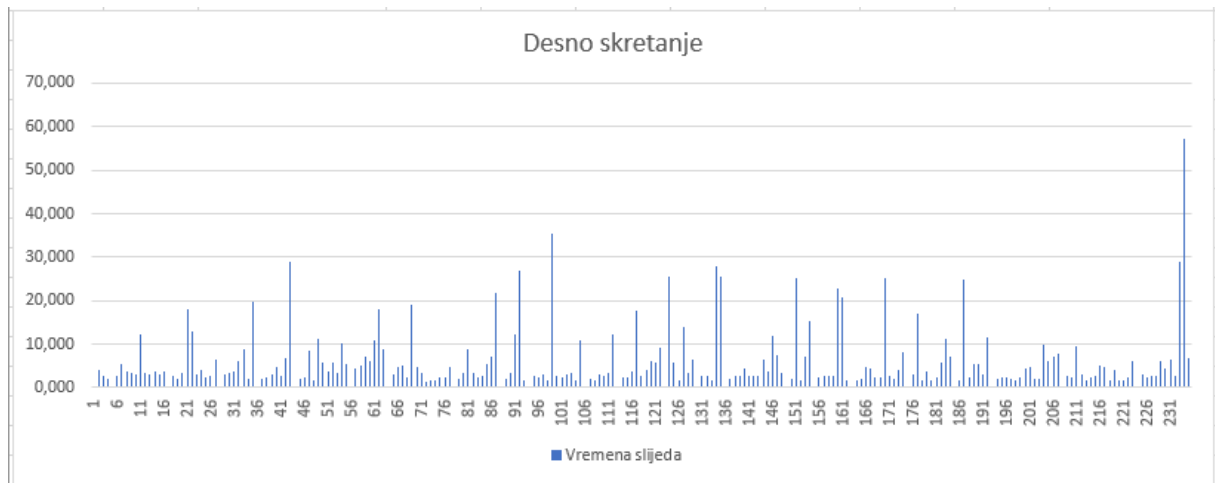
Grafikon 6-9. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.



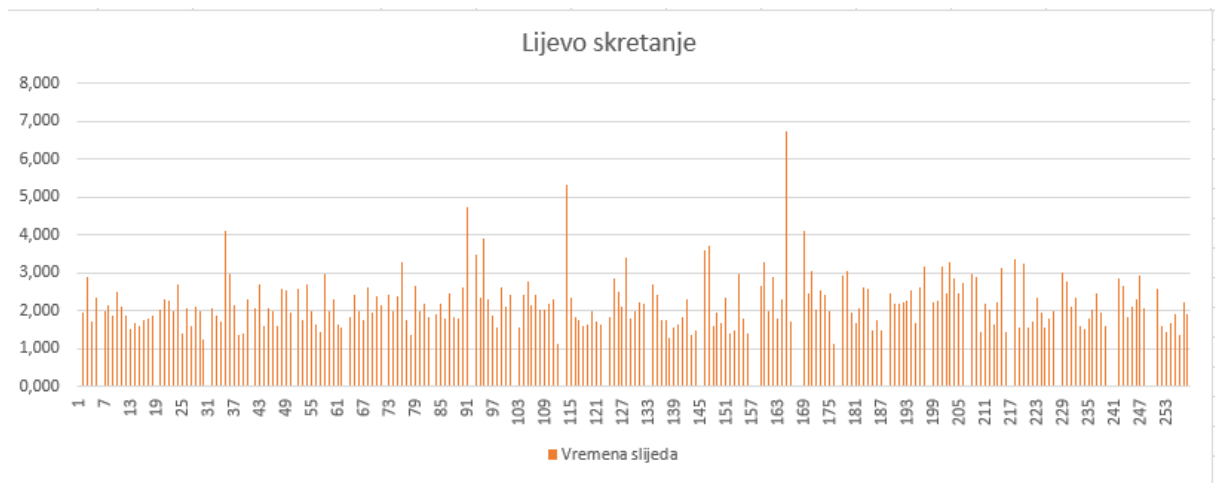
Grafikon 6-10. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.

6.2. Vremena slijeda lijevih i desnih skretača na raskrižju Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Ulice Josipa Marohnića

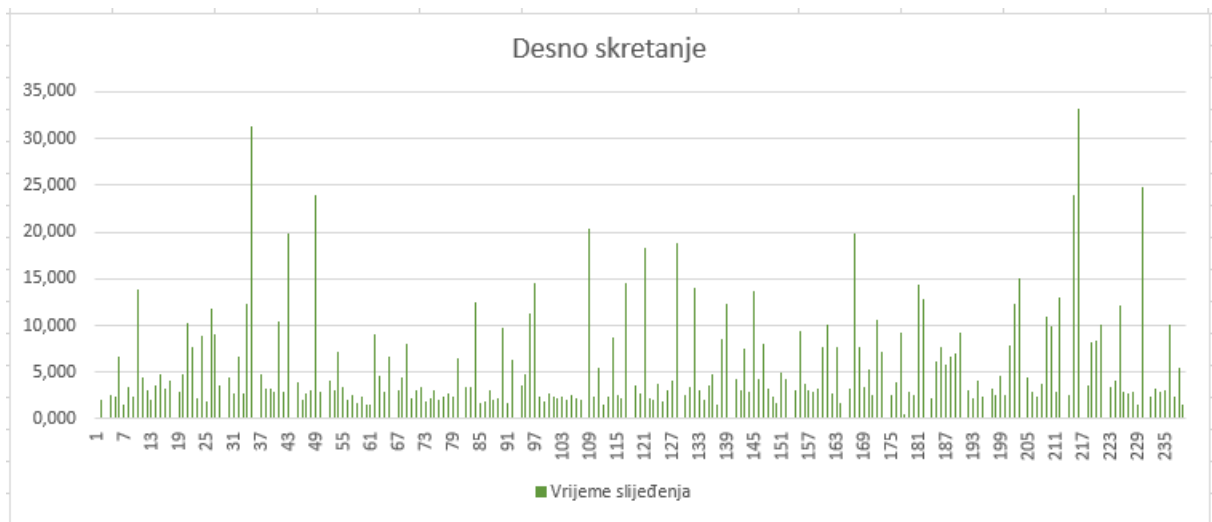
Na grafikonima u nastavku prikazane su vrijednosti vremena slijeda lijevih i desnih skretača na predmetnom raskrižju za datum 30.6.2021. te za datum 2.7.2021. godine.



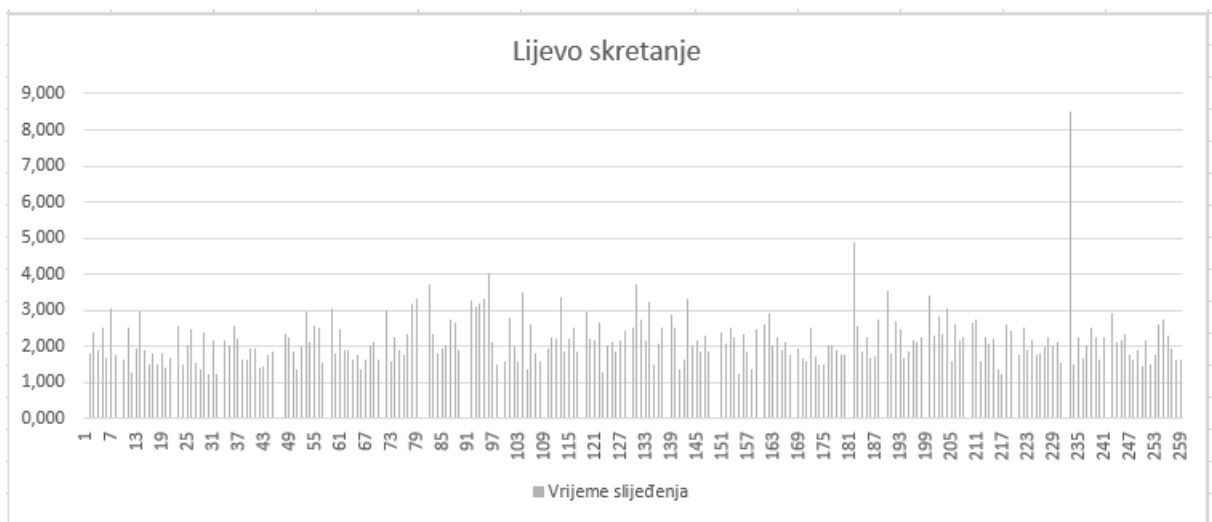
Grafikon 6-11. Vremena slijeđenja vozila za desne skretače, 30.6.2021.



Grafikon 6-12. Vremena slijeđenja vozila za lijeve skretače, 30.6.2021.



Grafikon 6-13. Vremena slijeđenja vozila za desne skretače, 2.7.2021.



Grafikon 6-14. Vremena slijeđenja vozila za lijeve skretače, 2.7.2021.

### 6.3 Statistička analiza prikupljenih podataka

Podatci su prikupljeni 30.6.2021. te 2.7.2021. u razdoblju od 08:00 sati do 09:00 sati. Prije navedenim tablicama 6-1., 6-2., 6-3., 6.4., 6.5. i 6.6. prikazani su 5-to minutni protoci vozila na predmetnom raskrižju.

U tablici 6.1. vidljivo je da je najveća vrijednost 5-to minutnog protoka vozila za desno skretanje sa Slavonske avenije u Ulicu 13. Vrbik, datuma 30.6.2021., ostvarena od 50-te do 55-e minute promatranja tj. u razdoblju od 08:50 do 08:55, i iznosi 31 vozilo. Ukupno je u

razdoblju promatranja od 08:00 do 09:00, 30.6.2021. desno skretalo 235 vozila, i mjerodavni protok vozila iznosi 372 voz/h.

Iz tablice 6.2. može se iščitati, da je najveći 5-to minutni protok za lijevo skretanje sa Slavonske avenije u Ulicu Josipa Marohnića, 30.6.2021., postignut od nulte do 5-e minute promatranja, odnosno u razdoblju od 08:00 do 08:05 sati, i iznosi 24 vozila. Ukupno u razdoblju promatranja od 08:00 do 09:00 protok vozila na lijevom skretanju iznosi 258 voz/h. Mjerodavni protok vozila iznosi 288 voz/h.

Tablica 6.3. prikazuje 5-to minutne protoke vozila za trakove za ravno 30.6.2021. godine. Desna traka za ravno maksimalni 5-to minutni protok vozila ostvaruje od 5-e do 10-e minute promatranja te ponovno od 30-e do 35-e minute promatranja i on iznosi 54 vozila. Najveći 5-to minutni protok vozila za srednju traku iznosi 64 vozila i ostvaren je od 10-e do 15-e minute promatranja. Najveći 5-to minutni protok lijeve trake za ravno iznosi 69 i ostvaren je od 35-e do 40-e minute promatranja. Ukupni protok vozila za vrijeme promatranja od 08:00 do 09:00, 30.6.2021. godine, za desnu traku za ravno iznosi 572 voz/h, za srednju traku 700 voz/h te za lijevu traku za ravno iznosi 723 voz/h. Mjerodavni protok grupe trakova za ravno 30.6.2021. iznosi 2172 voz/h.

U tablici 6.4. prikazani su 5-to minutni protoci vozila 2.7.2021. godine za desno skretanje sa Slavonske avenije u Ulicu 13. Vrbik. Najveća vrijednost 5-to minutnog protoka vozila ostvarena je od 15-e do 20-e minute promatranja i iznosi 28 vozila. Ukupni protok vozila koja skreću desno iznosi 239 voz/h.

U tablici 6.5. prikazane su 5-to minutne vrijednosti protoka vozila za lijevo skretanje sa Slavonske avenije u Ulicu Josipa Marohnića, 2.7.2021. godine. Najveća vrijednost 5-to minutnog protoka vozila iznosi 28 i postignuta je od 5-e do 10-e minute promatranja. Ukupni protok lijevih skretača za razdoblje promatranja od 08:00 do 09:00, 2.7.2021. godine, iznosi 259 voz/h.

U tablici 6.6. prikazani su 5-to minutni protoci vozila za pojedine trakove za ravno od 2.7.2021. godine. Maksimalni 5-to minutni protok vozila desne trake za ravno iznosi 54 vozila i postignut je od 5-e do 10-e minute razdoblja promatranja. Srednja prometna traka za ravno maksimalni 5-to minutni protok ostvaruje u razdoblju od 20-e do 25-e minute promatranja i iznosi 63 vozila. Najveći 5-to minutni protok lijeve trake za ravno iznosi 64 vozila i postignut je u razdoblju promatranja od 25-e do 30-e minute. Ukupni protok vozila za razdoblje promatranja od 08:00 do 09:00, dana 2.7.2021. godine, za desnu prometnu traku za ravno

iznosi 501 voz/h, za srednju traku 667 voz/h i za lijevu traku 714 voz/h. Mjerodavni prometni tok grupe trakova iznosi 2124 voz/h.

Vremena slijeda lijevih i desnih skretača prikazana su grafikonima 6-11., 6-12., 6-13., i 6-14.

Aritmetička sredina, odnosno prosjek, vremena slijeđenja vozila dana 30.6.2021. godine, za desno skretanje iznosi 6.261 sekundu, geometrijska sredina iznosi 4,302 sekunde dok harmonijska sredina iznosi 3,411 sekundu. Medijan, odnosno centralna vrijednost, određuje sredinu distribucije, to jest pola zabilježenih vrijednosti vremena slijeda nalazi se ispod te vrijednosti, dok se druga polovica zabilježenih vremena slijeda nalazi iznad te vrijednosti, te za desno skretanje iznosi 3,404 sekunde. Standardna devijacija, tj. odstupanje od prosječne vrijednosti iznosi 7,244 sekunde, dok varijanca predstavlja srednje kvadratno odstupanje od prosjeka i iznosi 52,48 sekundi.

Za lijevo skretanje, 30.6.2021. godine, aritmetička sredina vremena slijeda iznosi 2,213 sekunde, geometrijska sredina iznosi 2,128 sekundi, dok harmonijska sredina iznosi 2,054 sekunde. Medijan iznosi 2,083 sekunde, standardna devijacija 0,688 sekundi a varijanca 0,473 sekunde.

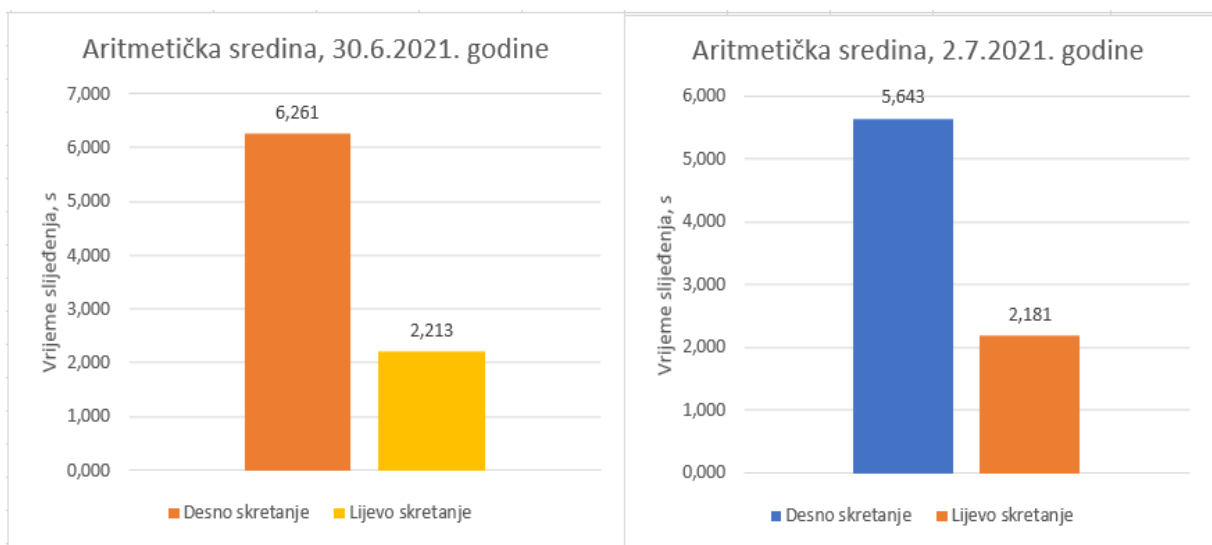
Za desno skretanje 2.7.2021. godine, aritmetička sredina vremena slijeđenja iznosi 5,643 sekunde, geometrijska sredina iznosi 4,212 sekundi i harmonijska sredina 3,393 sekunde. Sredina distribucije vremena slijeda iznosi 3,311 sekunde, odstupanje od prosječne vrijednosti od 5,253 sekunde dok kvadratno odstupanje iznosi 27,593 sekunde.

Kod lijevih skretača 2.7.2021. godine, prosječna vrijednost vremena slijeda iznosi 2,181 sekundu, geometrijska sredina 2,098 sekundi i harmonijska sredina od 2,028 sekundi. Medijan iznosi 2,082 sekunde, odstupanje od prosječne vrijednosti 0,707 sekundi i varijanca iznosi 0,499 sekundi.

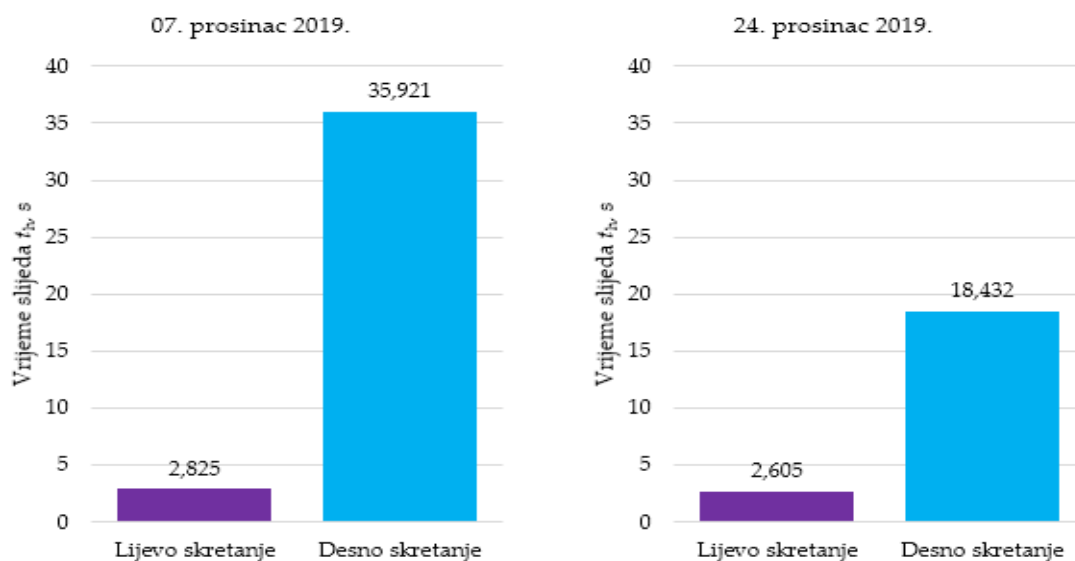
## 7. KOMPARATIVNA ANALIZA VREMENA SLIJEDA PROMETNIH TOKOVA NA ISTOČNOM PRIVOZU U 2019. GODINI I 2021. GODINI.

### 7.1 Aritmetička sredina

U grafikonu 7-1. su prikazane vrijednosti aritmetičke sredine vremena slijeđenja vozila za istraživanje iz 2021. godine dok su na slici 7-1. prikazane vrijednosti iz 2019. godine.



Grafikon 7-1. Aritmetička sredina vremena slijeđenja vozila, 2021. godine



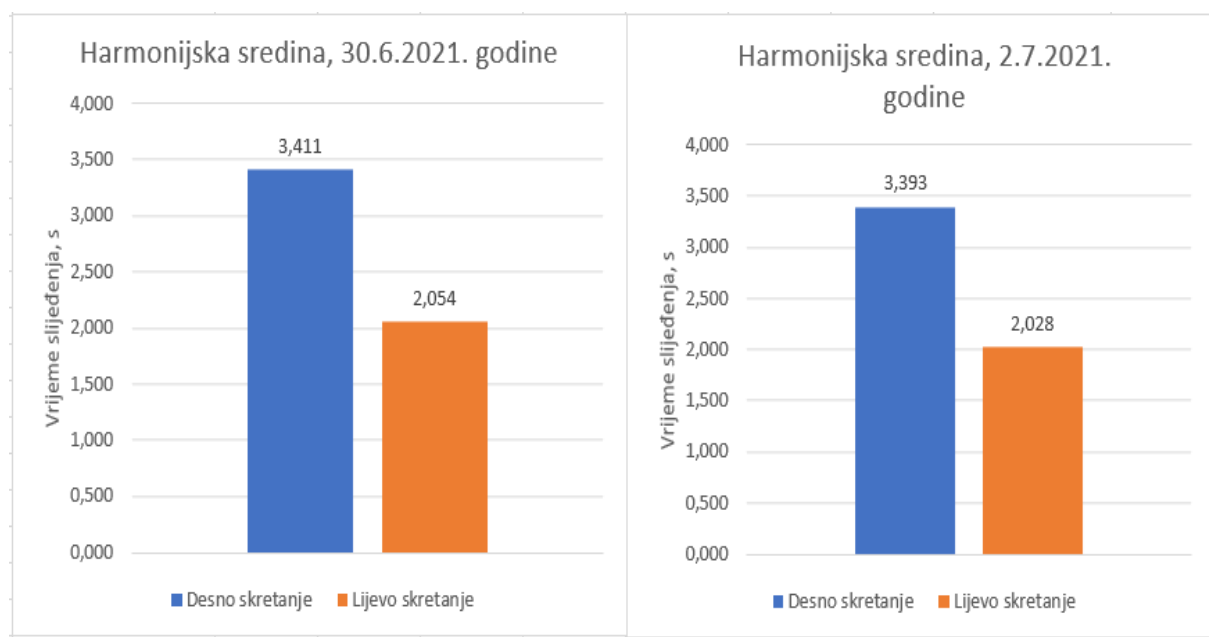
Slika 7-1. Aritmetička sredina vremena slijeđenja vozila, 2019. godine

Izvor: [10]

Vrijednost aritmetičke sredine vremena slijeđenja desnih skretača 30.6.2021. godine iznosi 6,261 sekundu dok 2.7.2021. godine iznosi 5,643 sekunde. Aritmetička sredina vremena slijeđenja desnih skretača u istraživanju iz 2019. godine za datum 7.12.2019. godine iznosi 35,921 sekundu, a za 24.12.2019. godine iznosi 18,432 sekunde. Aritmetičke sredine vremena slijeđenja lijevih skretača 30.6.2021. godine iznosi 2,313 sekundi dok 2.7.2021. godine iznosi 2,181 sekundi. Za lijeve skretače u istraživanju iz 2019. godine za datum 7.12.2019. godine iznosi 2,825 sekundi, a za 24.12.2019. godine iznosi 2,605.

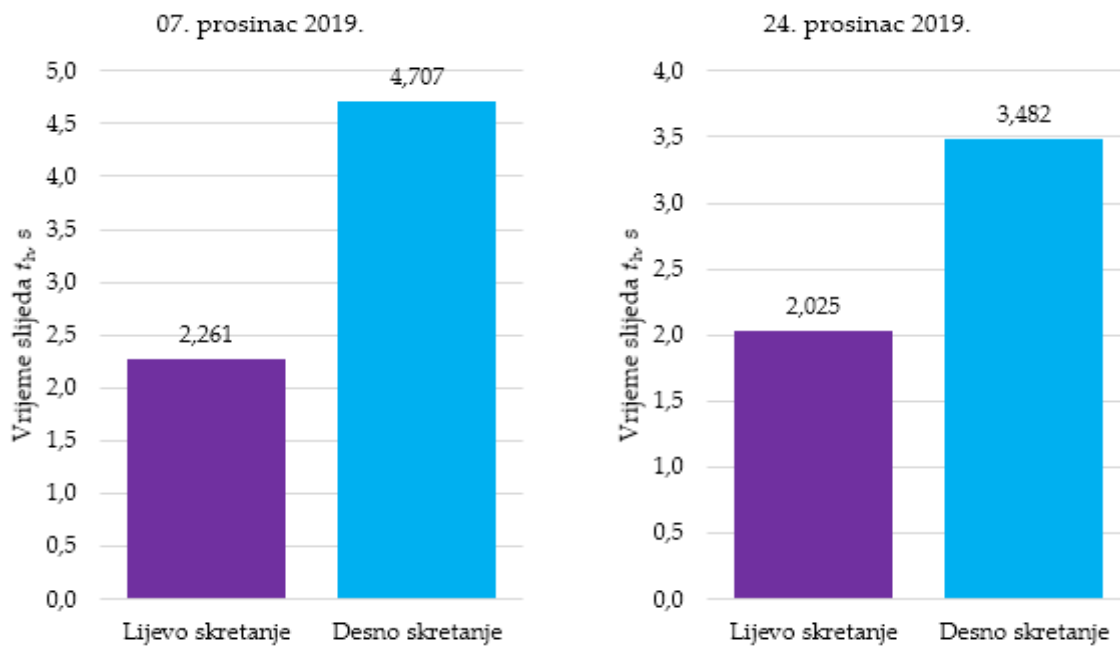
## 7.2 Harmonijska sredina

U grafikonu 7-2. su prikazane vrijednosti harmonijske sredine vremena slijeđenja vozila za istraživanje iz 2021. godine dok su na slici 7-2. prikazane vrijednosti iz 2019. godine.



Grafikon 7-2. Harmonijska sredina vremena slijeđenja, 2021. godine





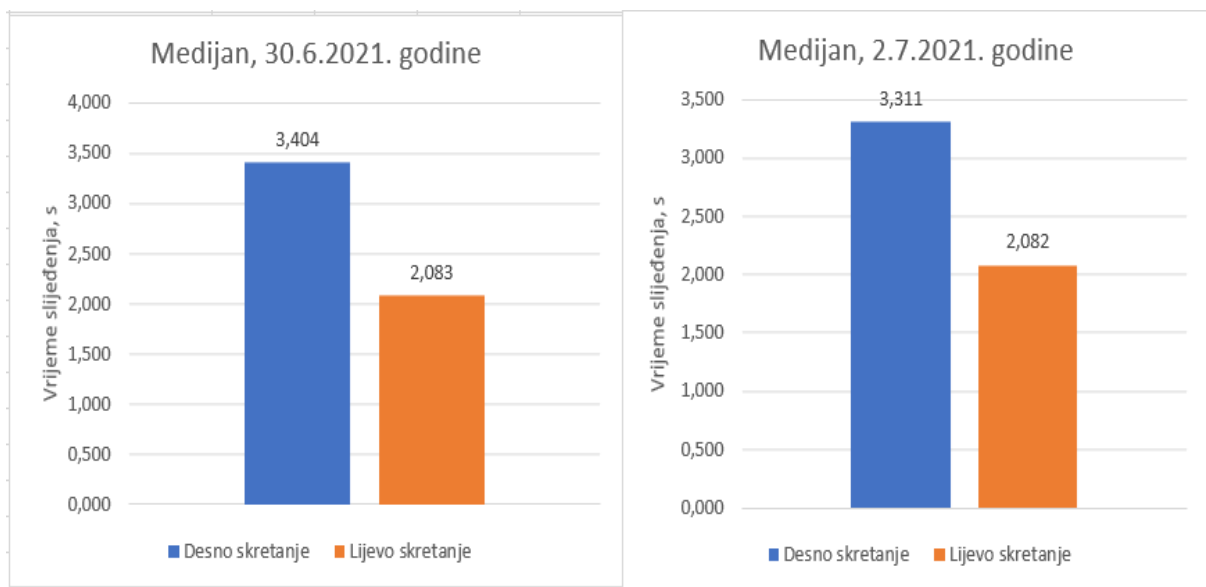
Slika 7-2. Harmonijska sredina vremena slijeđenja, 2019. godine

Izvor: [10]

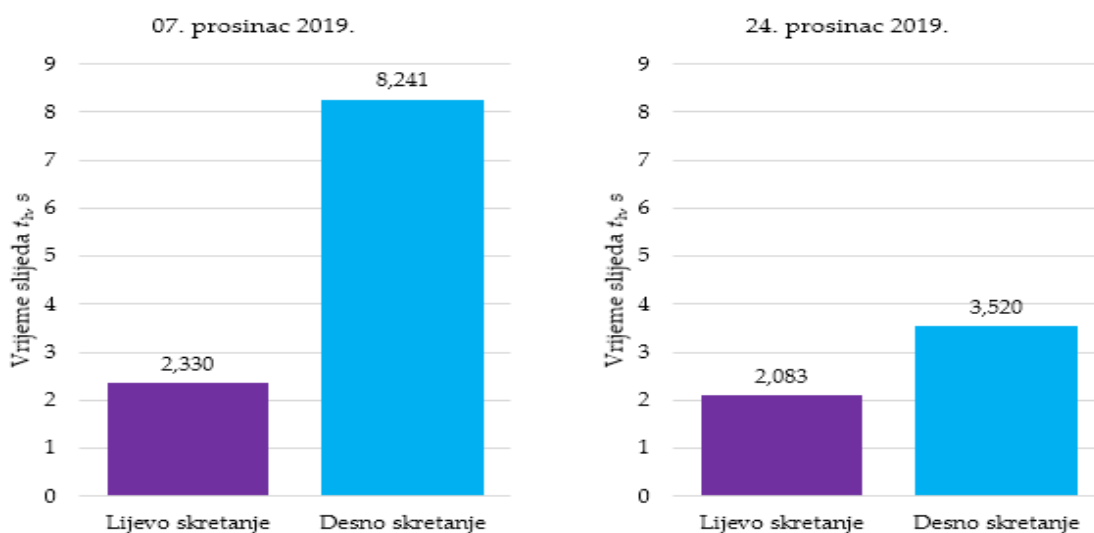
Harmonijska sredina vremena slijeđenja desnih skretača 30.6.2021. godine iznosi 3,411 sekunde dok za 2.7.2021. godine iznosi 3,393 sekundi. Harmonijska sredina desnih skretača za 7.12.2019. godine iznosi 4,707 sekundi, a za 24.12.2019. godine iznosi 3,482 sekunde. Harmonijska sredina lijevih skretača za 30.6.2021. godine iznosi 2,054 sekunde dok je za 2.7.2021. godine 2,028 sekundi. Za lijeve skretače 7.12.2019. godine harmonijska sredina iznosi 2,261 sekundi dok za 24.12.2019. godine iznosi 2,025 sekundi.

### 7.3 Medijan

Na grafikonu 7-3. su prikazane vrijednosti medijana vremena slijeđenja vozila za istraživanje iz 2021. godine dok su na slici 7-3. prikazane vrijednosti iz 2019. godine.



Grafikon 7-3. Vrijednosti medijana 2021. godine



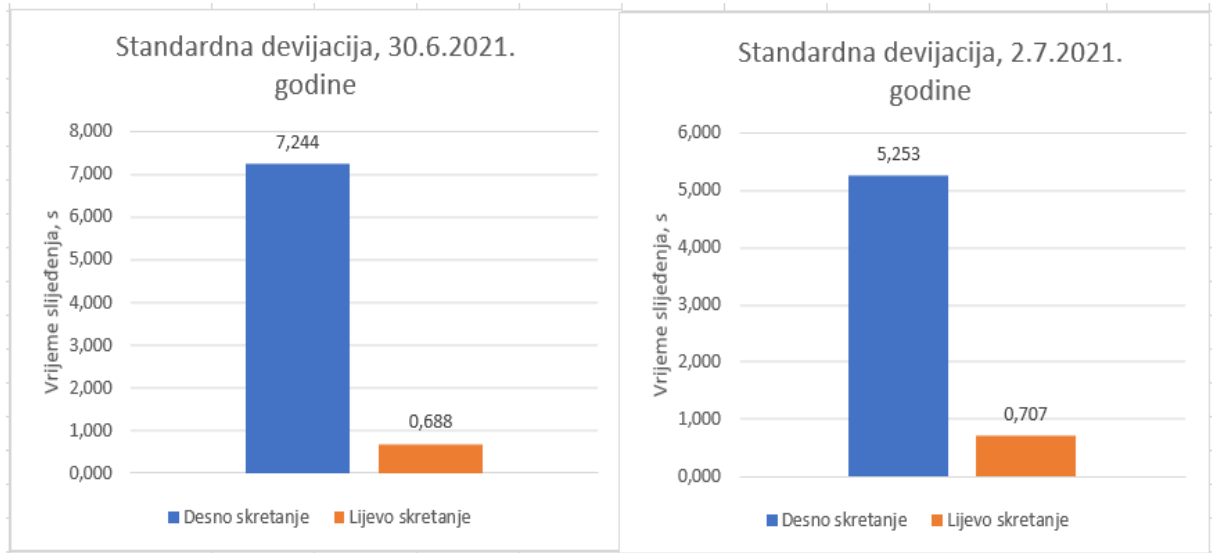
Slika 7-3. Vrijednost medijana 2019. godine

Izvor: [10]

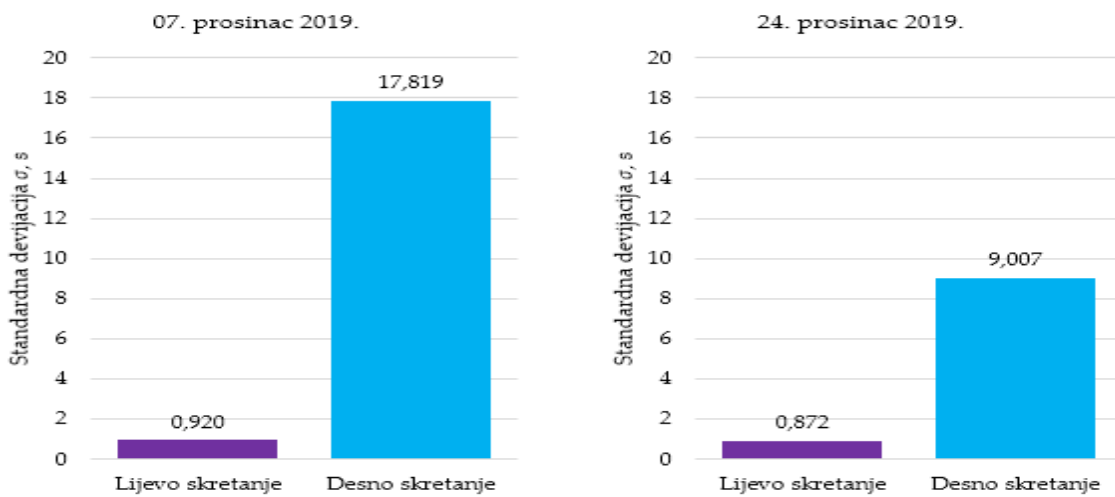
Vrijednosti medijana vremena slijedenja za lijevo skretanje 30.6.2021. godine iznosi 2,083 sekunde dok za desno skretanje iznosi 3,404 sekunde. Medijan 2.7.2021. godine za lijevo skretače iznosi 2,082 sekunde dok je za desne skretače 3,311 sekunda. Za 7.12.2019. godine medijan vremena slijedenja lijevih skretača iznosi 2,330 sekundi dok za desne skretače iznosi 8,241 sekundu. Za 24.12.2019. godine medijan za lijevo skretanje iznosi 2,083 sekundi a za desno 3,520 sekundi.

## 7.4 Standardna devijacija

U grafikonu 7-4. su prikazane vrijednosti standardne devijacije vremena slijeđenja vozila za istraživanje iz 2021. godine dok su na slici 7-4. prikazane vrijednosti iz 2019. godine.



Grafikon 7-4. Standardna devijacija 2021. godine



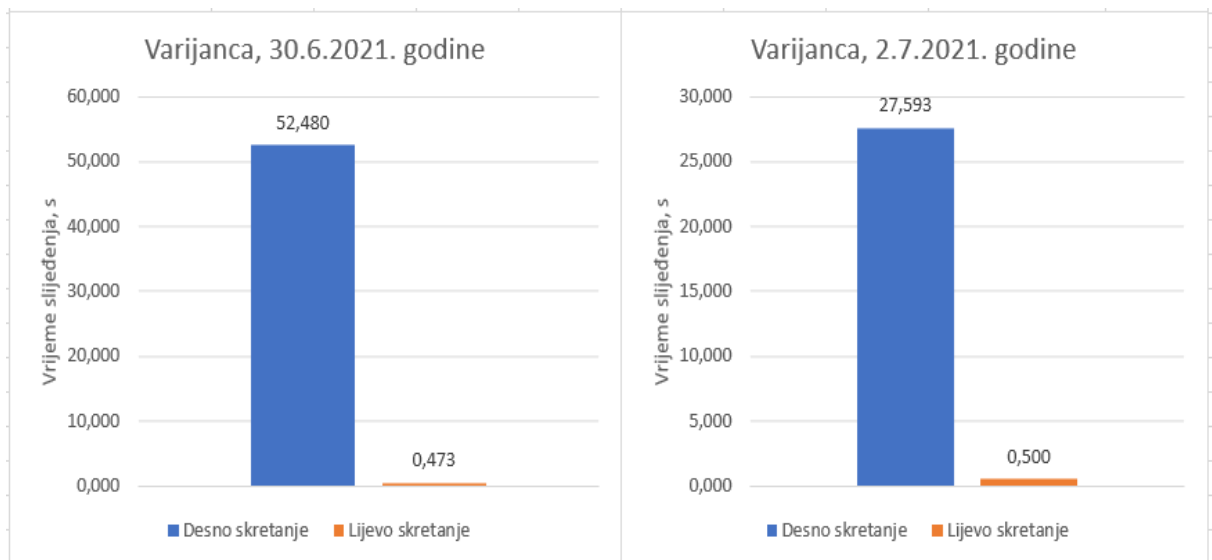
Slika 7-4. Standardna devijacija 2021. godine

Izvor: [10]

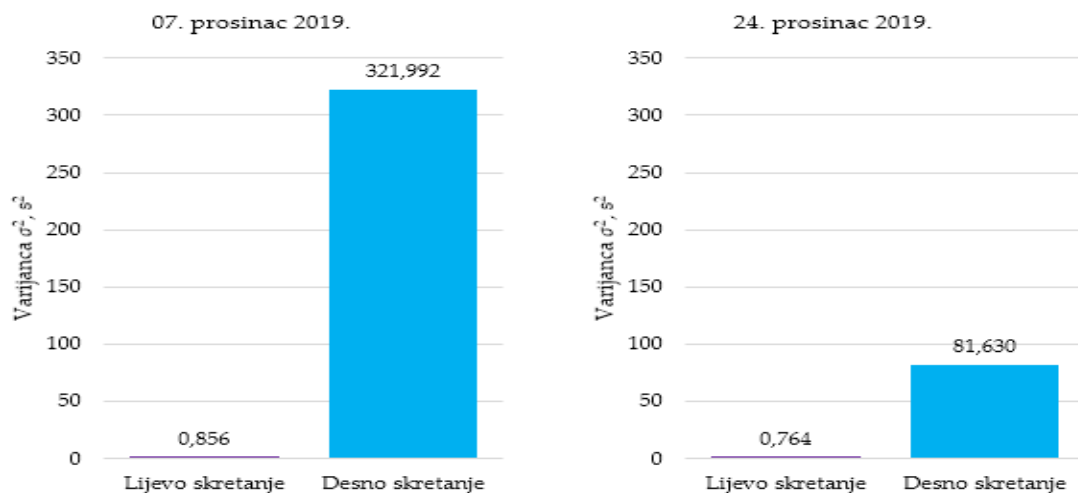
Vrijednost standardne devijacije za lijevo skretanje 30.6.2021. godine iznosi 0,688 sekundi dok za desno skretanje iznosi 7,244 sekunde. Dana 2.7.2021. godine standardna devijacija za lijevo skretanje iznosi 0,707 sekundi a za desno skretanje 5,253 sekundi. Standardna devijacija 7.12.2019. za lijevo skretanje iznosi 0,920 sekundi a za desno skretanje 17.819 sekundi. Dana 24.12.2019. godine standardna devijacija za lijeve skretače iznosi 0,872 sekunde dok je za desne skretače 9,007 sekundi.

## 7.5 Varijanca

U grafikonu 7-5. su prikazane vrijednosti varijance vremena slijeđenja vozila za istraživanje iz 2021. godine dok su na slici 7-5. prikazane vrijednosti iz 2019. godine.



Grafikon 7-5. Varijanca vremena slijeđenja za istraživanje iz 2021. godine



Slika 7-5. Varianca vremena slijeđenja za istraživanje iz 2019. godine

Izvor: [10]

Vrijednost varijance vremena slijeđenja 30.6.2021. godine za lijevo skretanje iznosi 0,473 sekunde, za desno skretanje iznosi 52,480 sekundi, dok 2.7.2021. godine za lijeve skretače iznosi 0,500 sekundi i 27,593 sekunde za desne skretače. Varianca vremena slijeđenja lijevih skretača 7.12.2019 godine iznosi 0,856 sekundi dok za desno skretanje iznosi 321,992 sekunde. Za 24.12.2019. varianca vremena slijeđenja lijevih skretača iznosi 0,764 sekunde a za desne skretače 81,630 sekundi.

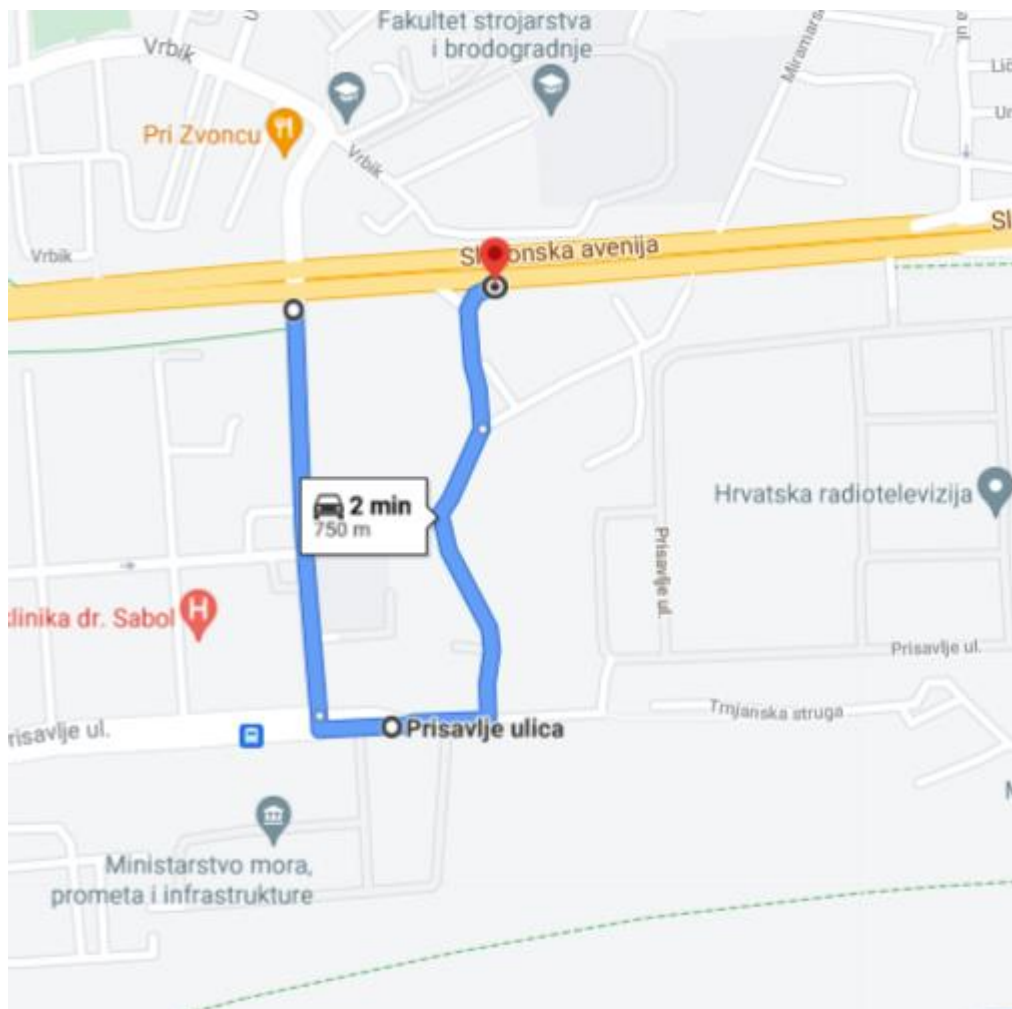
## 8. PRIJEDLOG MJERA POBOLJŠANJA PROPUSNE MOĆI I SIGURNOSTI PROMETA NA RASKRIŽJU SLAVONSKE AVENIJE, ULICE 13. VRBIK I ULICE JOSIPA MAROHNICA

Predložene mjere trebaju imati pozitivan utjecaj na odvijanje prometnih tokova i na ukupan prometni sustav. Potrebno je sustavno i koordinirano rješavati prometne probleme saniranjem prometnice u cjelini, svako raskrižje i cijelom duljinom prometnice. Predložene mjere temelje se na analizi postojećeg stanja koja je obavljena u ovome diplomskom radu.

Ukoliko se dodatnom dugoročnom analizom utvrdi potreba, moguća je potreba provođenja mjera optimizacije vertikalne i horizontalne signalizacije.

Dugoročnim prikupljanjem podataka, nekoliko tjedana ili mjeseci, o broju vozila, duljini repova čekanja, vremenima slijeda moguće je utvrditi potrebu za određenim trenutnim mjerama korekcije postojeće signalnog plana ili uvođenje automatske regulacije signalnih planova ovisno o prometnom opterećenju.

Potrebno je razmotriti mogućnost zabranjivanja polukružnog okretanja iz trake za lijevo skretanje na Slavonskoj aveniji (istočnom privozu). Vozila koja obavljaju polukružno okretanje moraju značajno usporiti kako bi mogla obaviti taj manevar čime ometaju ostala vozila koja pokušavaju obaviti lijevo skretanje i tako utječu na sigurnost i smanjuju protok tog prometnog traka. Na dan snimanja prometa za ovaj diplomski rad, prije vremenskog intervala snimanja, dogodila se manja prometna nesreća. Dva vozila su obavljala polukružno okretanje na istočnom privozu, prednje vozilo je značajno usporilo te je vozilo koje ga je slijedilo naletjelo na prednje vozilo. Srećom nastala je samo manja materijalna šteta na prednjem i stražnjem braniku ta dva vozila i nitko od putnika ni vozača nije bio ozlijeđen. Ukoliko se zabrani polukružno okretanje na slici 8-1. prikazan je način na koji bi se vozila mogla vratiti nazad na Slavonsku aveniju. Pomoću mogućnosti aplikacije Google karte da izmjeri udaljenost, izračunato je da bi ovakva regulacija prometa povećala duljinu putovanja za 750 metara što znači da se vrijeme putovanja produljuje za otprilike 2 minute.



Slika 8-1. Nova regulacija prometa u slučaju zabrane polukružnog okretanja na istočnom privozu

Dugoročne mjere koje se preporučaju za predmetno raskrižje je denivelacija raskrižja u vidu podvožnjaka kako bi se zadržala konzistentnost izgleda trase Slavonske avenije. Potrebno je provesti analizu utjecaja denivelacije svih raskrižja Slavonske avenije na smanjenje prometnog opterećenja u Gradu Zagrebu. Osim toga dugoročna mjera je poticanje što većeg broja vozača da koriste obilaznicu Grada Zagreba i na taj način postići rasterećivanje predmetnog raskrižja.

Nadalje, potrebno je vozače osobnih automobila poticati, u što većoj mjeri, na korištenje nekih od alternativnih oblika kretanja, poput bicikala, električnih bicikala, romobila, električnih romobila te javni gradski prijevoz. Potrebno je prije toga u Gradu Zagrebu urediti postojeću infrastrukturu za alternativne oblike kretanja, prije svega biciklističke staze i biciklističke trake, te je potrebno proširiti mrežu biciklističkih traka i staza u Gradu Zagrebu izgradnjom novih.

## 9. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu obavljena je analiza vremena slijeda vozila na istočnom privozu raskrižja Slavonske avenije, Ulice 13. Vrbik i Ulice Josipa Marohnića u Gradu Zagrebu snimanjem prometnih tokova obavljeno je u vremenu od 08:00 do 09:00, u srijedu 30.6.2021. godine i petak 2.7.2021. godine. Na temelju prikupljenih podataka obavljena je analiza prometnih tokova i statistička analiza te su rezultati uspoređeni sa istraživanjem napravljenim 2019. godine.

Prema osnovnim elementima prometnog toka detaljno su opisane brzine vozila i intervali slijeda vozila.

Zatim je obavljena analiza sigurnosti cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj prema uzrocima i posljedicama prometnih nesreća koje su nastale zbog vožnje na nedovoljnoj udaljenosti.

Obavljeno je snimanje kao i analiza prometnih tokova nakon čega je obavljena analiza prikupljenih podataka. Prema prethodnim analizama izračunate su vrijednosti propusne moći i razine usluge dionice istočnog privoza predmetnog raskrižja. Brojanje prometa odvijalo se u 5 minutnim intervalima od 08:00 do 09:00 u dva navrata 30.6.2021. godine i 2.7.2021. godine.

Ukupni protok vozila istočnog privoza 30.6.2021. godine iznosi 2491 voz/h.

Ukupni protok vozila istočnog privoza 2.7.2021. godine iznosi 2380 voz/h.

Koristeći HCM-ovu metodologiju i uz zasićeni prometni tok određen na temelju analize vremena slijeda vozila, za 30.6.2021. godine izračunata vrijednost zasićenog prometnog toka iznosi 4569 voz/h dok razina usluge iznosi LOS D. Za dan 2.7.2021. godine vrijednost zasićenog prometnog toka iznosi 4722 voz/h uz razinu usluge LOS D.

Prethodne analize i navedene mjere bilo bi nužno prihvatiti radi pozitivnog utjecaja na odvijanje prometa na istočnom privozu predmetnog raskrižja.

Uočeno je da na navedenoj dionici ceste prometuje velik broj teških teretnih vozila zbog čega bi bilo nužno potrebno razmotriti mogućnost preusmjeravanja prometnih tokova teških teretnih vozila na druge obilazne smjerove.

Osim toga potrebno je obaviti analizu mogućnosti korištenja JGP-a i potencijalna potreba za uvođenjem nekih novih linija JGP-a, kao i proširenje usluge javnog gradskog prijevoza uvođenjem podzemne željeznice ili nekih drugih oblika javnog prijevoza.



Prema rezultatima analize došlo se do zaključka da je na raskrižju, u vremenu snimanja prometa dolazi do zagušenja prometnog toka. Zbog relevantnosti podataka prikupljenih u sklopu ovog istraživanja bilo bi nužno potrebno obaviti detaljniju analizu u dužem vremenskom razdoblju uz primjenu novih tehničko-tehnoloških uređaja i sustava kako bi se preciznije odredili relevantni parametri poput broja vozila, vremena slijeda, duljina repa čekanja i drugi, te kako bi se prometno opterećenje moglo proučavati i analizirati u duljem vremenskom razdoblju.

Prema ovoj analizi moguće je predložiti zabranu polukružnog okretanja vozila na istočnom privozu te preusmjeravanje teških teretnih vozila na alternativne smjerove kako bi se smanjio vremenski interval slijedenja vozila i pozitivno utjecalo na propusnu moć, razinu usluge i sigurnost raskrižja.

## LITERATURA

- [1] Dadić I. Teorija i organizacija prometnih tokova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2014.
- [2] Ševrović M, Jovanović B. Teorija prometnih tokova, nastavni materijal, 2019.
- [3] Priručnik HCM. Preuzeto sa:  
[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacital\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf)  
[Pristupljeno: lipanj 2021.]
- [4] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [5] Novačko L, Pilko H. Cestovne prometnice II. Upute za auditorne vježbe i seminarski rad. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2017.
- [6] Legac I. Cestovne prometnice II. Raskrižja javnih cesta. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2008.
- [7] Zakon o sigurnosti prometa. Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama> [Pristupljeno: lipanj 2021.]
- [8] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa. Preuzeto sa:  
[https://mup.gov.hr/UserDocsImages/statistika/2020/Pokazatelji%20javne%20sigurnosti/bilten\\_promet\\_2019.pdf](https://mup.gov.hr/UserDocsImages/statistika/2020/Pokazatelji%20javne%20sigurnosti/bilten_promet_2019.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [9] Zagrebačka županija. Preuzeto sa: [https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/13/a4/13a486f1-ef23-4542-9021-102d4af87591/master\\_plan\\_prometnog\\_sustava\\_grada\\_zagreba\\_zagrebacke\\_zupanije\\_i\\_krapisnko-zagorske\\_zupanije.pdf](https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/13/a4/13a486f1-ef23-4542-9021-102d4af87591/master_plan_prometnog_sustava_grada_zagreba_zagrebacke_zupanije_i_krapisnko-zagorske_zupanije.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
- [10] Pečet M. Diplomski rad. Utjecaj vremena slijeda prometnih tokova na propusnu moć i sigurnost prometa na raskrižju ulica Slavonska avenija i 13 Vrbik u Gradu Zagrebu. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2020.

## POPIS SLIKA

Slika 2-1. Protok vozila na presjeku.....	4
Slika 2-2. Protok vozila na dionici.....	5
Slika 2-3. Gustoća prometnog toka na promatranj dionici S .....	5
Slika 2-4. Način mjerenja srednje prostorne brzine na promatranj dionici.....	6
Slika 2-5. Način mjerenja srednje vremenske brzine prometnog toka.....	7
Slika 2-6. Uvjeti slobodnog prometnog toka.....	8
Slika 2-7. Uvjeti normalnog prometnog toka .....	9
Slika 2-8. Uvjeti zasićenog prometnog toka .....	9
Slika 2-9. Uvjeti forsiranog prometnog toka .....	10
Slika 2-10. Vrijednosti srednje prostorne i srednje vremenske brzine ovisno o vrsti prometnog toka.....	10
Slika 2-11. Razmak u slijeđenju vozila .....	12
Slika 3-1. Smještaj stajališta u blizini raskrižja.....	17
Slika 3-2. Izvođenje pločnika u odnosu na prometnicu .....	17
Slika 3-3. Potrebna duljina preglednosti kada se vozilo na sporednom privozu ne mora nužno zaustaviti.....	20
Slika 3-4. Potrebna duljina preglednosti u slučaju kada se vozilo na sporednom privozu mora nužno zaustaviti.....	20
Slika 3-5. Polje zaustavne preglednosti .....	21
Slika 3-6. Polje preglednosti kod približavanja raskrižju .....	21
Slika 3-7. Polje privozne preglednosti .....	22
Slika 3-8. Polje preglednosti na prijelazima za pješake .....	22
Slika 3-9. Polje preglednosti za nailazak biciklista.....	22
Slika 3-10. Promjena broja trakova na raskrižju.....	23
Slika 3-11. Izvedbe trakova za usporavanje .....	24
Slika 3-12. Izvedbe trakova za ubrzavanje .....	24
Slika 3-13. Moguće izvedbe trakova za lijevo skretanje.....	25
Slika 3-14. Tri tipa vođenja desnih skretača .....	26
Slika 3-15. Razdjelnici kolnika.....	28
Slika 4-1. Grafikon broja prometnih nesreća i nastradalih u prometnim nesrećama .....	30
Slika 4-2. Grafikon broja poginulih osoba u nesrećama sa nastradalim osobama .....	31
Slika 5-1. Kategorizacija cesta u Gradu Zagrebu .....	46
Slika 5-2. Makrolokacija raskrižja Slavonske avenije, Marohničeve ulice i ulice 13. Vrbika ....	47
Slika 5-3. HCM metodologija za proračun kapaciteta i razine usluge semaforiziranih raskrižja .....	48
Slika 5-4. Kriteriji za odabir razine usluge (LOS).....	48
Slika 6-1. Snimanje prometa na predmetnom raskrižju 30.6.2021. ....	73
Slika 6-2. Snimanje prometa na predmetnom raskrižju 2.7.2021. ....	74
Slika 7-1. Aritmetička sredina vremena slijeđenja vozila, 2019. godine.....	87
Slika 7-2. Harmonijska sredina vremena slijeđenja, 2019. godine .....	89
Slika 7-3. Vrijednost medijana 2019. godine.....	90

Slika 7-4. Standardna devijacija 2021. godine.....	91
Slika 7-5. Varijanca vremena slijeđenja za istraživanje iz 2019. godine .....	93
Slika 8-1. Nova regulacija prometa u slučaju zabrane polukružnog okretanja na istočnom privozu.....	95

## POPIS TABLICA

Tablica 4-1. Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.....	31
Tablica 4-2. Odnos između broja prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti i ukupnog broja prometnih nesreća za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	32
Tablica 4-3. Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti s nastradalim osobama.....	34
Tablica 4-4. Odnos između broja prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti i ukupnog broja prometnih nesreća s nastradalim osobama.....	35
Tablica 4-5. Broj prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	36
Tablica 4-6. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s poginulim osobama i broja prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.....	37
Tablica 4-7. Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	38
Tablica 4-8. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	39
Tablica 4-9. Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine .....	40
Tablica 4-10. Odnos između ukupnog broja poginulih osoba u prometnim nesrećama i broja poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine. ....	41
Tablica 4-11. Broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	42
Tablica 4-12. Odnos između ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. od 2019. godine.....	43
Tablica 4-13. Broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	44
Tablica 4-14. Odnos između ukupnog broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	45
Tablica 5-1. Vremena slijeda za grupu trakova, 30.6.2021. ....	60
Tablica 5-2. Vremena slijeda za grupu trakova, 2.7.2021. ....	61
Tablica 5-3. Broj vozila u 5-to minutnim intervalima .....	62
Tablica 5-4. Vrijednosti mjerodavnih protoka na istočnom privozu.....	63
Tablica 5-5. Faktor vršnog sata za grupu trakova za ravno i za pojedine trakove .....	63
Tablica 5-6. Broj vozila 2.7.2021.....	67
Tablica 5-7. Mjerodavni protok za grupu trakova za ravno i za pojedini trak.....	67

Tablica 5-8. Faktor vršnog sata za grupu trakova za ravno i za svaki pojedini trak .....	68
Tablica 5-9. Usporedba rezultata istraživanja iz 2019. godine i istraživanja iz 2021. godine ..	72
Tablica 6-1. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.....	75
Tablica 6-2. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.....	76
Tablica 6-3. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021.....	77
Tablica 6-4. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.....	79
Tablica 6-5. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.....	80
Tablica 6-6. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021.....	81

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 4-1. Broj prometnih nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti od 2010. do 2019. godine.....	32
Grafikon 4-2. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća i broja nesreća uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	33
Grafikon 4-3. Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine .....	34
Grafikon 4-4. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s nastradalim osobama i broja prometnih nesreća s nastradalim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti .....	35
Grafikon 4-5. Broj prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	36
Grafikon 4-6. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s poginulim osobama i broja prometnih nesreća s poginulim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine.....	37
Grafikon 4-7. Broj prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	38
Grafikon 4-8. Odnos između ukupnog broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama i broja prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama uzrokovanih vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	39
Grafikon 4-9. Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine .....	40
Grafikon 4-10. Odnos između ukupnog broja poginulih osoba u prometnim nesrećama i broja poginulih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. do 2019. godine. ....	41
Grafikon 4-11. Broj teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	42
Grafikon 4-12. Odnos između ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti u razdoblju od 2010. od 2019. godine.....	43
Grafikon 4-13. Broj lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	44
Grafikon 4-14. Odnos između ukupnog broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama i broja lakše ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama uzrokovanim vožnjom na nedovoljnoj udaljenosti za razdoblje od 2010. do 2019. godine .....	45
Grafikon 6-1. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021. ....	75
Grafikon 6-2. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021. ....	76
Grafikon 6-3. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021. ....	77
Grafikon 6-4. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021. ....	78
Grafikon 6-5. Rezultati brojanja prometa 30.6.2021. ....	78
Grafikon 6-6. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021. ....	79
Grafikon 6-7. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021. ....	80

Grafikon 6-8. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021. ....	81
Grafikon 6-9. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021. ....	82
Grafikon 6-10. Rezultati brojanja prometa 2.7.2021. ....	82
Grafikon 6-11. Vremena slijeđenja vozila za desne skretače, 30.6.2021.....	83
Grafikon 6-12. Vremena slijeđenja vozila za lijeve skretače, 30.6.2021.....	83
Grafikon 6-13. Vremena slijeđenja vozila za desne skretače, 2.7.2021.....	84
Grafikon 6-14. Vremena slijeđenja vozila za lijeve skretače, 2.7.2021.....	84
Grafikon 7-1. Aritmetička sredina vremena slijeđenja vozila, 2021. godine .....	87
Grafikon 7-2. Harmonijska sredina vremena slijeđenja, 2021. godine .....	88
Grafikon 7-3. Vrijednosti medijana 2021. godine .....	90
Grafikon 7-4. Standardna devijacija 2021. godine .....	91
Grafikon 7-5. Varijanca vremena slijeđenja za istraživanje iz 2021. godine .....	92



## POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Opis
q	voz/h	Protok vozila
g	voz/km	Gustoća prometnog toka
V	km/h	Brzina slobodnog prometnog toka
$v_s$	km/h	srednja prostorna brzina prometnog toka
$v_i$	km/h	brzine svih vozila na promatranjoj dionici
$v_t$	km/h	srednja vremenska brzina prometnog toka
$E_i$	-	ekvivalentne jedinice putničkih automobila
$s_L$	voz/h	zasićeni prometni tok grupe trakova
$s_0$	voz/h	osnovni zasićeni prometni tok
$f_w$	-	faktor prilagodbe za širinu traka
W	m	širina prometnog traka
$f_g$	-	faktor prilagodbe nagiba kolnika
%G	-	nagib kolnika za grupu trakova izražen u postocima
$f_p$	-	faktor prilagodbe u slučaju parkiranja
N	-	broj traka u grupi trakova
$N_m$	-	broj parkirnih manevara
$f_{bb}$	-	faktor prilagodbe u slučaju blokiranja prometa od strane autobusa
N	-	broj traka u grupi trakova
$N_B$	stajanja/h	broj autobusa izražen kao broj stajanja autobusa na sat
$f_a$	-	Faktor prilagodbe ovisno o vrsti područja
$f_{LU}$	-	faktor prilagodbe za iskorištenje prometnog traka
$v_g$	voz/h	prometna potražnja grupe trakova
$v_{g1}$	voz/h	prometna potražnja trake s najvećim brojem vozila
$f_{LT}$	-	faktor prilagodbe za lijevo skretanje u grupi trakova
$P_{LT}$	-	udio lijevih skretača u grupi trakova
$f_{RT}$	-	faktor prilagodbe za desno skretanje u grupi trakova
$P_{RT}$	-	udio desnih skretača u grupi trakova
$C_i$	voz/h	kapacitet

$C$	s	duljina ciklusa
$g_i$	s	efektivno zeleno vrijeme za grupu trakova
$X_i$	-	stupanj zasićenja grupe trakova
$v_i$	voz/h	stvarni intenzitet grupe trakova
$c_i$	voz/h	kapacitet grupe trakova
$d$	s/voz	vrijeme kašnjenja
$d_1$	s/voz	uniformno vrijeme kašnjenja
PF	-	progresijski faktor prilagodbe
$d_2$	s/voz	inkrementalno vrijeme kašnjenja
$d_3$	s/voz	inicijalno vrijeme kašnjenja
P	-	udio vozila koja dolaze tijekom zelene faze
$g/C$	s	ukupno zeleno vrijeme
$f_{PA}$	-	dodatni faktor za vozila koja dolaze u grupi za vrijeme zelene faze
T	s	vremenski period analize
k	-	inkrementalni faktor kašnjenja koji ovisi o postavkama semaforškog uređaja
l	-	faktor prilagodbe za manevre nakon raskrižja
Q	voz	duljina repa čekanja
$Q_1$	voz	duljina repa čekanja prvog reda vozila
$Q_2$	voz	duljina repa čekanja drugog reda vozila
PF <sub>2</sub>	-	progresijski faktor prilagodbe
$v_L$	voz/h	protok vozila za grupu trakova po traku
Rp	-	parametar vrste dolazaka na raskrižje
$k_B$	-	faktor prilagodbe za nejednolike dolaske na raskrižje
$Q_{bL}$	voz	inicijalni rep čekanja na početku perioda analize
$t_h$	s	vrijeme slijeda

## POPIS KRATICA

Kratika	Opis
HCM	engl. Highway Capacity Manual
LOS	engl. Level of Service
JGP	Javni gradski prijevoz
ITS	Inteligentni transportni sustavi
PGDP	Prosječni godišnji dnevni promet



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz neciliranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Analiza vremena slijeđa vozila s utjecajem na propusnu moć i sigurnost prometa na raskrižju Slavenske avenije, Marohničeva ulica i Ulice 13. Vrbilka u Gradu Zagrebu** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 9.9.2021

Studentica:

*Doris Sečić*  
(potpis)