

Analiza raskrižja u zoni Ulice Gordana Lederera u gradu Zagrebu

Mataija, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:119:751039>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

MARIO MATAIJA

**ANALIZA RASKRIŽJA U ZONI ULICE GORDANA
LEDERERA U GRADU ZAGREBU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
DIPLOMSKI STUDIJ

Diplomski studij: Promet
Zavod: Zavod za prometno planiranje
Predmet: Prometno tehnološko projektiranje

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Pristupnik: Mario Mataija
Matični broj: 0066242220
Smjer: Cestovni

Zadatak:
Analiza raskrižja u zoni Ulice Gordana Lederera u gradu Zagrebu

Engleski naziv zadatka:
Analysis of Intersections in the Area of Gordan Lederer Street in Zagreb

Opis zadatka:

- Definiranje prostorne zone obuhvata opisno i grafički
- Detaljna analiza postojećeg stanja
- Izrada idejnog prometnog rješenja
- Zaključak
- Grafički prilozi

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za završni ispit

Djelovođa:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA RASKRIŽJA U ZONI ULICE GORDANA
LEDERERA U GRADU ZAGREBU**

**ANALYSIS OF THE INTERSECTIONS IN THE AREA
OF GORDAN LEDERER STREET IN ZAGREB**

Mentor: doc. dr. sc. Marko Ševrović

Student: Mario Mataija, 0066242220

Zagreb. rujan 2020.

ANALIZA RASKRIŽJA U ZONI ULICE GORDANA LEDERERA U GRADU ZAGREBU

SAŽETAK

Predmetna raskrižja, u čijem je sastavu i Slavonska avenija koja je jedna od najprometnijih prometnica u Republici Hrvatskoj, vrlo su bitne točke u cjelokupnoj prometnoj mreži grada Zagreba jer se nalaze na jednom od glavnih smjerova koji povezuju istočni dio grada i okolicu sa njegovim centrom. Iz tog razloga, njima svakodnevno prometuje veliki broj vozila. Provedenom analizom postojećeg stanja, na predmetnim raskrižjima uočeni su mnogi problemi od kojih su najznačajniji nedovoljna razina usluge i veliki broj prometnih nesreća. Kako bi se trenutna situacija popravila, predloženo je vrlo skupo ali efektivno idejno rješenje koje bi trebalo riješiti prisutne probleme. To idejno rješenje je denivelacija Slavonske avenije ispod razine te izgradnja kružnog toka iznad njega.

KLJUČNE RIJEČI: predmetna raskrižja, analiza postojećeg stanja, propusna moć, sigurnost cestovnog prometa, idejno rješenje

SUMMARY

Subject intersections, in whose composition it is Slavonska Avenue which is one of the busiest roads in the Republic of Croatia, are very important points in the entire network of the City of Zagreb because they are located on one of the main routes connecting the eastern part of the city and its surroundings with its center. For that reason, a large number of vehicles drive them every day. By conducting an analysis of the current situation, many problems have been studied at the subject intersections, the most significant of which are the insufficient level of service and a large number of traffic accidents. In order to improve the current situation, a very expensive but effective conceptual solution has been proposed that should solve the present problems. That

conceptual solution is the leveling of Slavonska Avenue below the level and the construction of a roundabout above it.

KEYWORDS: subject intersections, analysis of the current situation, throughput capacity, traffic safety, conceptual solution

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Definiranje zone obuhvata	3
2.1. Šira zona obuhvata	4
2.2. Uža zona obuhvata	6
3. Analiza postojećeg stanja	13
3.1. Analiza postojećih prometnih tokova	14
3.2. Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa	25
3.3. Analiza postojeće infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa	33
3.4. Analiza povijesnih podataka o prometnim nesrećama	35
4. Prijedlog idejnog rješenja	41
5. Zaključak	45
Literatura	47
Popis slika	48
Popis tablica	49
Popis grafikona	49
Popis priloga	49

1. Uvod

Tema ovog diplomskog rada je analiza raskrižja u zoni Ulice Gordana Lederera u gradu Zagrebu. Predmetna raskrižja nalaze se u gradu Zagrebu, glavnom gradu Republike Hrvatske. Grad Zagreb je najmnogoljudniji grad u Republici Hrvatskoj a samim time i središte gotovo svega pa tako i prometa. Njegova uloga u prometnoj mreži cijele države je od iznimne važnosti jer povezuje sve najznačajnije prometnice. Zbog svega navedenog, grad Zagreb svakodnevno bilježi povećanje broja stanovnika što sa sobom nosi porast broja vozila koja se svakodnevno kreću njegovom prometnom mrežom. Iz tog razloga vrlo je važno obraćati pažnju na sve dijelove prometne mreže kako bi ona mogla nesmetano funkcionirati.

Na gradskim prometnim mrežama u Republici Hrvatskoj prisutni su mnogi problemi, pa tako niti grad Zagreb nije iznimka. Najviše problema javlja se na gradskim raskrižjima, pogotovo u vršnim satima, kada velika masa vozila dolaze na raskrižja u vrlo kratkom vremenskom periodu. Takva situacija stvara konstantna zagušenja koja smanjuju protočnost (a samim time se stvaraju repovi čekanja, povećava se vrijeme čekanja i vrijeme putovanja, povećava se stres kod vozača, itd.) i razinu sigurnosti cestovnog prometa. Iz tog razloga, tendencija je pokušati popraviti kritične točke raznim zahvatima i mjerama na cestovnoj infrastrukturi kako bi se osigurano što bolje i kvalitetnije odvijanje svakodnevnih aktivnosti.

Spomenuta predmetna raskrižja su raskrižje Ulice Siniše Glavaševića – Ulice Gordana Lederera – Slavenska avenije te raskrižje Ulice Gordana Lederera i Servisne ceste. Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi sve nedostatke koji su prisutni na navedenim raskrižjima koristeći za to pripadajuću metodologiju te na temelju dobivenih rezultata predložiti idejno prometno rješenje koje bi riješilo detektirane probleme.

Diplomski rad sastojati će se od 5 cjelina:

1. Uvod
2. Definiranje zone obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja
4. Prijedlog idejnog rješenja

5. Zaključak

Drugo poglavlje sadržavati će prikaz zona obuhvata, odnosno makro i mikro lokaciju predmetnih raskrižja (opisno i grafički) kako bi se definirao prostorni obuhvat na kojemu će se vršiti analiza i prijedlog rješenja.

U trećem poglavlju izvršiti će se neophodna analiza postojećeg stanja iz koje će se dobiti potrebni podaci za prijedlog idejnog rješenja. Analiza postojećeg stanja sastojati će se od brojanja prometa, analize postojeće infrastrukture te pregleda prikupljenih podataka o prometnim nesrećama zabilježenim na predmetnim raskrižjima.

Četvrto poglavlje sastojati će se od idejnog prijedloga rješenja osmišljenog na temelju dobivenih podataka iz prethodnog poglavlja. Predloženo idejno rješenje biti će detaljno opisano te će ga se upotpuniti grafički.

2. Definiranje zone obuhvata

Zona obuhvata može se definirati kao područje na kojem će se vršiti prometne analize i istraživanja, odnosno dati prijedlozi rješenja. Moguće je definirati uže (detaljnija istraživanja i rješenja) i šire (manje detaljna istraživanja i rješenja) područje obuhvata. Također, prometni sustav se ne može sagledavati samo na izoliranom području, već ga je uvijek potrebno razmatrati na širem području gravitacije (rubni dijelovi grada županija, regija).¹

Predmetna raskrižja nalaze se u gradu Zagrebu (slika 1) koji je glavni grad Republike Hrvatske, najveći i najnaseljeniji grad te posebna teritorijalna, upravna i samoupravna jedinica koja ima položaj županije. Zbog svega navedenog Zagreb je glavno gospodarsko, prometno, upravno i kulturno sjedište u Republici Hrvatskoj.



Slika 1 Prikaz granica Grada Zagreba

¹ Bilješke sa predavanja iz kolegija Prometno tehnološko projektiranje, ak. god. 2019/2020

2.1. Šira zona obuhvata

Kako je već navedeno, predmetna raskrižja nalaze se u gradu Zagrebu koji se smješten u središnjem dijelu kontinentalne Hrvatske, podno planine Medvednica te na obama rijeke Save koja prolazi kroz grad. Također, važno je napomenuti izrazito povoljan zemljopisni položaj jer se oko njega nalaze jadranska, alpska, dinarska i panonska regija što uzrokuje da je Zagreb važno čvorište prometnih puteva. Najvažniji hrvatski prometni putevi koji su povezani sa Zagrebom su slijedeći:

- Autocesta A1 (Zagreb – Split – Dubrovnik)
- Autocesta A2 (Zagreb – Macelj)
- Autocesta A3 (Bregana – Zagreb – Lipovac)
- Autocesta A4 (Zagreb – Goričan)
- Autocesta A6 (Zagreb – Rijeka)
- Autocesta A11 (Zagreb – Sisak)

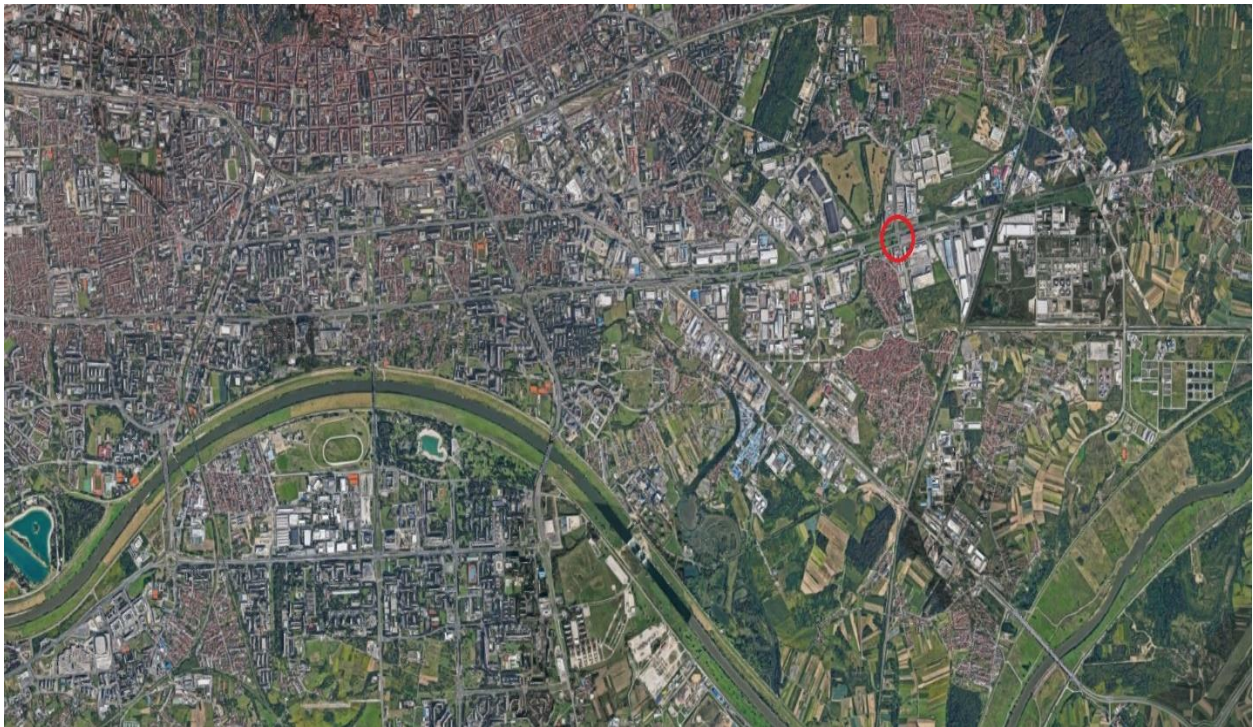
Za analizu šire zone obuhvata važno je napomenuti glavne pravce ulaza prometnih tokova u grad Zagreb, a to su: ²

- Ulaz iz smjera zapada (Zaprešić – Podsused – Aleja grada Bologne)
- Ulaz iz smjera zapada (Bregana – Rakitje – Ljubljanska Avenija – Slavonska Avenija)
- Ulaz iz smjera juga (Karlovac – Lučko – Remetinec – Jadranski most – Avenija Dubrovnik – Zaprude)
- Ulaz iz mjera juga (Sisak – Velika Gorica – Savezne Republike Njemačke – Avenija Većeslava Holjevca)

² Golubić J., Kolar V.: Ekološki aspekti optimizacije prometa na raskrižjima u gradu Zagrebu, Zagreb, 2011., str 3.

- Ulaz iz smjera istoka (Slavonski Brod – Lipovljani – Novska – Ivanja Reka – Slavonska Avenija)
- Ulaz iz smjera istoka (Varaždin – Bjelovar – Sesvete – Avenija Dubrava)

Iz gore navedenog vidljivo je da su predmetna raskrižja povezana sa dva glavna pravca ulaza prometnih tokova u grad Zagreb što uvelike povećava opterećenost samih raskrižja. Raskrižja se nalaze u gradskoj četvrti Peščenica – Žitnjak koja obuhvaća jugoistočni dio grada Zagreba i samostalno naselje Ivanja Reka. Na sjeveroistoku je Slavonska Avenija dijeli od gradske četvrti Gornja Dubrava i Sesvete. Na istoku graniči s područjem Zagrebačke županije, na jugozapadu, na Savi, s gradskom četvrti Novi Zagreb – istok, na Heinzellovoj ulici, s gradskom četvrti Trnje. Njezin sjeverozapadni, urbani dio proteže se do Zvonimirove ulice i graniči s područjima Donjega grada i Maksimira.³ Prema popisu stanovništva iz 2011. godine ova gradska četvrt ima 58283 stanovnika. Prikaz šire zone obuhvata biti će prikazan na slici broj 2.



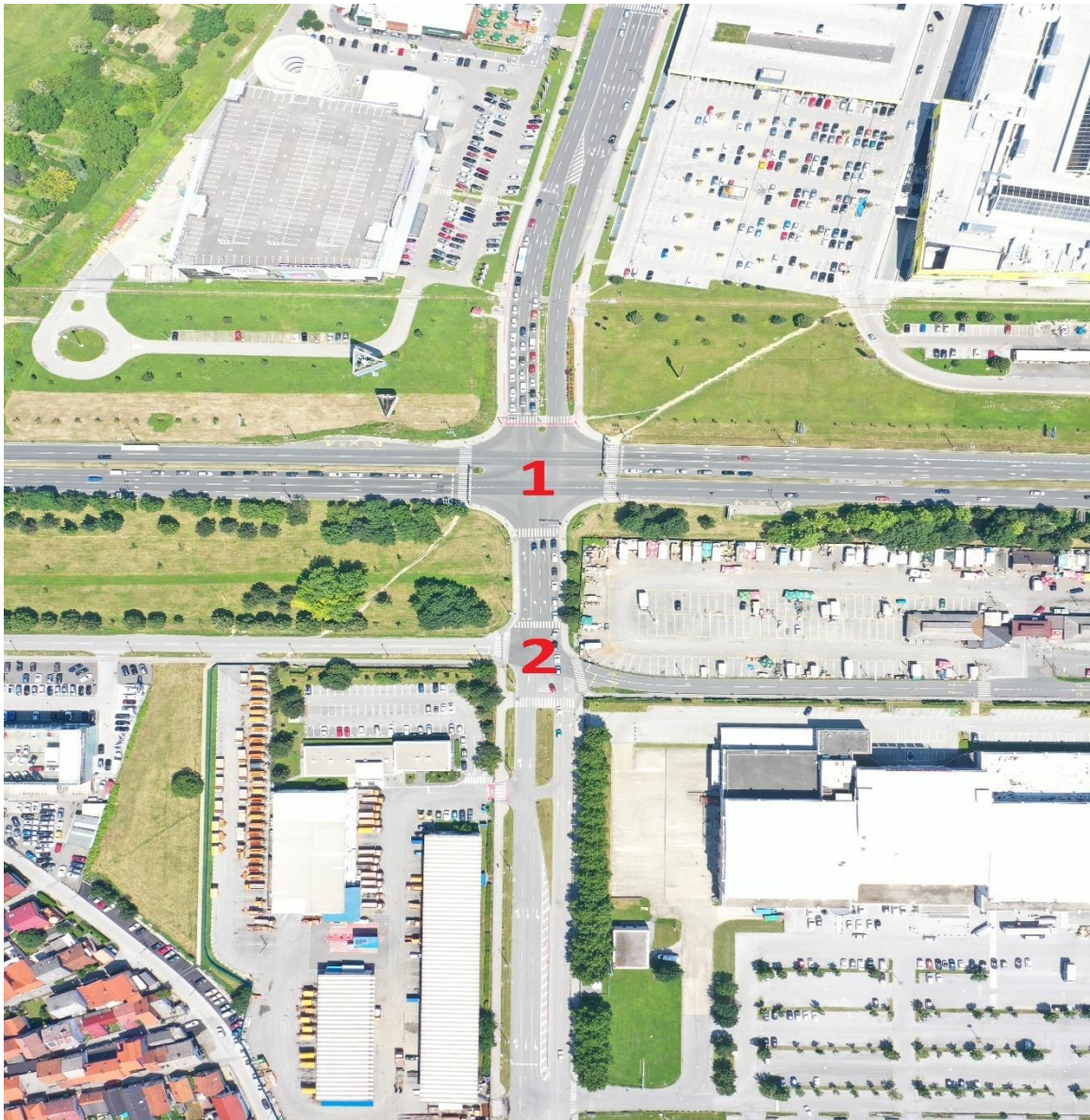
Slika 2 Prikaz šire zone obuhvata ⁴

³ <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/14474>

⁴ <https://geoportal.zagreb.hr/Karta>

2.2. Uža zona obuhvata

Zadatak uže zone obuhvata je opisno i grafički opisati predmetna raskrižja. Prvo raskrižje sastoji se od Ulice Siniše Glavaševića (sjeverni privoz) , Ulice Gordana Lederera (južni privoz) te Slavonske avenije koja čini istočni i zapadni privoz raskrižja. Drugo raskrižje sastavljeno je od Ulice Gordana Lederera (sjeverni i južni privoz) i Servisne ceste (istočni i zapadni privoz). Raskrižja će biti prikazana na slici 3.



Slika 3 Prikaz predmetnih raskrižja

U blizini raskrižja nalaze se mnogi objekti koji svakodnevno privlače veliki broj populacije a neki od njih su:

- City Centar one East
- Emmezeta
- McDonalds
- Zelena tržnica
- Bauhaus
- Kia centar Zagreb
- Volvo Car centar Zagreb

City Centar one East (slika 4) je shopping centar smješten sjeveroistočno od prvog predmetnog raskrižja i od svih navedenih svakodnevno generira najveći broj korisnika u usporedbi sa drugim atraktorima koji se nalaze u blizini. Najviše korisnika dolazi u popodnevним satima, a pogotovo vikendom kada se bilježi najveći broj korisnika. Njegovo radno vrijeme je svih sedam dana u tjednu od 09:00 do 21:00 sati.



Slika 4 City Centar one East

Zapadno od Ul. Siniše Glavaševića nalazi se Emmezeta (robna kuća) u kojoj je moguće kupiti proizvode razne vrste. Radno vrijeme Emmezete je od ponedjeljka do subote od 09:00 do 21:00 sati i nedjeljom od 10:00 do 20:00 sati. Robna kuća Emmezeta prikazana je na slici broj 5.



Slika 5 Emmezeta

Pored Emmezete smješten je McDonalds (slika 6). Ovaj svjetski lanac brze hrane vrlo je popularan u Hrvatskoj te je iz tog razloga vrlo posjećen. Najviše korisnika dolazi u popodnevним i večernjim satima. Radno vrijeme je od ponedjeljka do četvrtka od 07:00 do 01:00 sati, petkom i subotom od 07:00 do 03:00 te nedjeljom od 08:00 do 01:00 sati.



Slika 6 McDonalds

Između dva predmetna raskrižja smještena je Zelena tržnica (slika 7). To je jedna od najvećih veletržnica u Hrvatskoj pa iz tog razloga privlači veliki broj korisnika koji su u potrazi za domaćim proizvodima. Njihovo radno vrijeme je svaki dan od 0:00 do 24:00 sati ali su poslovni prostori, kiosci i sl. otvoreni od ponedjeljka do subote u razdoblju od 04:00 do 23:00 sati te nedjeljom od 05:00 do 23:00 sati. Iako je Zelena tržnica otvorena cijelo vrijeme, najviše korisnika dolazi u jutarnjim satima.



Slika 7 Zelena tržnica

U blizini drugog predmetnog raskrižja nalazi se Bauhaus, trgovina za građevinske i vrtne materijale. Taj lanac trgovina jedan je od najpoznatijih u spomenutom području poslovanja. Najviše korisnika dolazi u popodnevним satima te samim time vrlo utječe na prometnu sliku tog područja. Njihovo radno vrijeme je od ponedjeljka do petka od 08:00 do 21:00 sati te nedjeljom od 09:00 do 14:00 sati. Prikaz trgovine Bauhaus biti će na slici 8.



Slika 8 Bauhaus

Uz južnu stranu Servisne ceste nalaze se Volvo Car centar Zagreb i Kia centar Zagreb (slika 9). U sklopu njih nalazi se prodaja vozila, servis vozila te administrativne zgrade. Volvo Car centar Zagreb otvoren je od ponedjeljka do petka u razdoblju od 08:00 do 20:00 sati te subotom od 08:00 do 15:00 sati, dok je nedjeljom zatvoren. Radno vrijeme Kia centra Zagreb isto je kao i prethodno navedenog Volvo Car centra Zagreb.



Slika 9 Volvo Car centar Zagreb i Kia centar Zagreb

3. Analiza postojećeg stanja

Analiza postojećeg stanja je analiza svih elemenata relativnih za odvijanje prometnog procesa na širem području obuhvata studije. Analiza postojeće situacije nekog zatvorenog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planira neki veći investicijski zahvat.⁵

Analizu postojećeg stanja kod izrade prometne studije čine:⁶

- Analiza geoprometnog položaja
- Analiza dosadašnjeg razvitka prometnog sustava
- Analiza postojećih prometnih tokova:
 - Cestovni promet
 - Željeznički promet
 - Biciklistički promet
 - Pješački promet
 - Opskrbni promet
 - Ostali promet
- Analiza postojećeg javnog gradskog i prigradskog prometa
- Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa:
 - Cestovna infrastruktura i oprema ceste
 - Cestovno – željeznička infrastruktura

⁵ Prometno tehnološko projektiranje, autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, FPZ, Zagreb, 2011., str 27.

⁶ Prometno tehnološko projektiranje, autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, FPZ, Zagreb, 2011., str 27-28.

- Pješačke zone
- Biciklističke staze
- Autobusni kolodvor
- Analiza parkirališnih površina
- Analiza postojeće regulacije i organizacije prometa
- Analiza sigurnost odvijanja prometa
- Analiza prometne infrastrukture u prostorno planskoj dokumentaciji
- Analiza povezivanja u obližnjim naseljima
- Demografska analiza

3.1. Analiza postojećih prometnih tokova

Brojanje ili snimanje prometa čini osnovu za planiranje prometa, a njime se dobiva uvid u trenutno stanje prometa, te podaci koji upućuju na potrebe rekonstrukcije, izgradnje novih prometnih pravaca ili ostale mjere poboljšanja postojećeg i budućeg prometa. Razlikujemo dvije vrste brojanja: ⁷

- Statičko – broje se vozila koja u određenom vremenskom intervalu prođu kroz određeni presjek ceste čime se dobivaju podaci o opterećenju ceste, a koriste se pri dimenzioniranju prometnica i čvorišta
- Dinamičko – to je brojanje prometnih tokova čime se ustanovljuje jačina, smjer i put prometnih tokova

Koraci koji prethode brojanju prometa je određivanje zone obuhvata kako bi prikupljeni podaci bili što upotrebljiviji. Nadalje, potrebno je odrediti vremenske periode unutar kojih će se

⁷ <https://www.prometna-zona.com/brojanje-ili-snimanje-prometa/>

provoditi brojanje prometa. Moguće ga je provoditi tijekom jednog ili više dana, kontinuirano ili prekinuto. S obzirom na gore navedene parametre odabire se način brojanja prometa. Postojeća podjela načina brojanja prometa je: ⁸

- Ručno
- Automatsko
- Kamerom
- Naplatno
- Satelitsko
- Brojanje vozila prevezenih trajektom
- Brojanje na parkirališnim površinama

Za potrebe ovog diplomskog rada izvršeno je brojanje prometa kamerom. Točnije, korišten je dron JJRC dron s ugrađenom kamerom (Slika 10). Korištenje ovakve tehnologije uvelike olakšava proces brojanja prometa. Potrebno je doći na poziciju u blizini raskrižja kako bi dron imao dovoljan doomet. Dron se spaja sa mobitelom preko kojega se upravlja njime te na koji se pohranjuju snimke. Nakon odrađivanja početnog usklađivanja, dronom se leti iznad raskrižja te ga se fiksira na točku koja je pod kutom od 90 stupnjeva u odnosu na promatrano raskrižje. Vrlo je bitno da se dron ne pomiče tokom snimanja kako bi snimka bila upotrebljiva. Iz tog razloga, mana ovog načina brojanja prometa je moguće vremenske neprilike (kiša, vjetar) tijekom kojih nije moguće snimanje. Također, još jedan problem može biti vrijeme trajanja baterije, pa iz tog razloga duže brojanje prometa nije moguće.

⁸ Prometno tehnološko projektiranje, autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, FPZ, Zagreb, 2011., str 30-31.



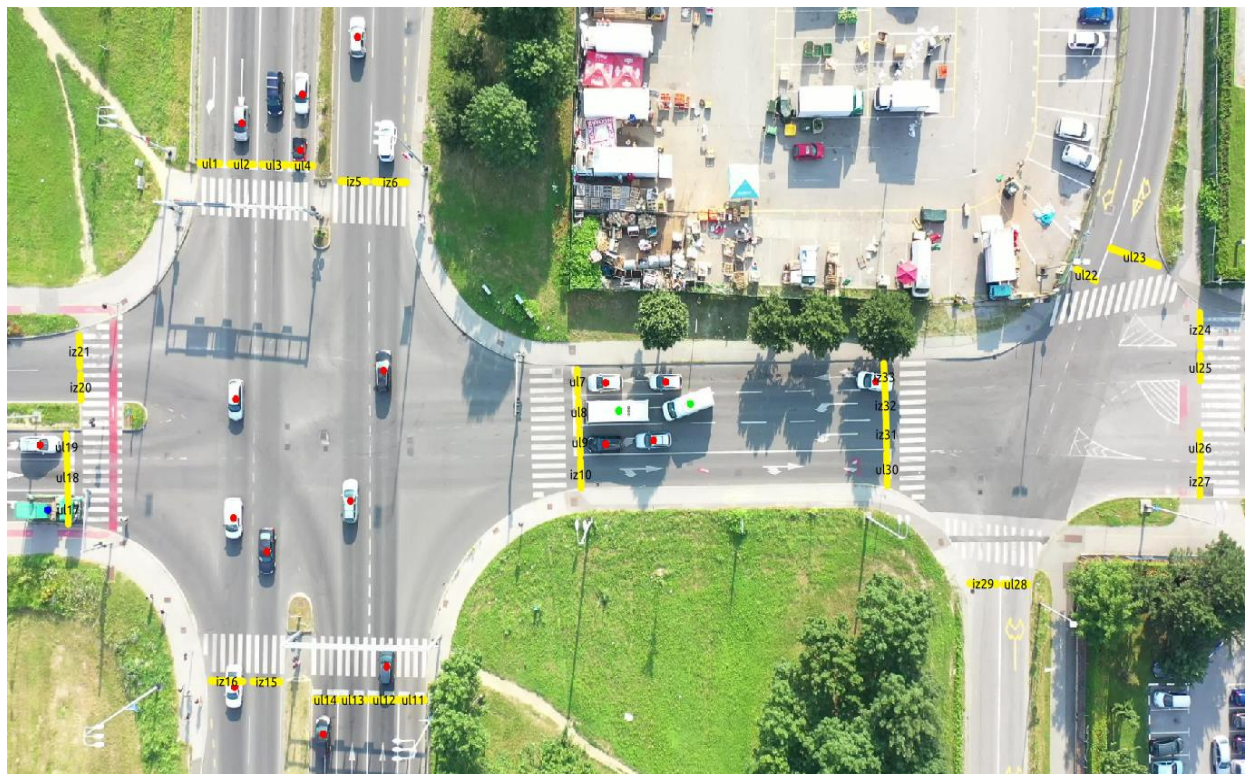
Slika 10 Dron JJRC

Snimanje prometa odrađeno je tijekom tjednog vršnog opterećenja (četvrtak ujutro od 7:00 do 8:00), tjednog izvan vršnog opterećenja (četvrtak popodne od 18:00 do 19:00) te subote ujutro (od 9:00 do 10:00) i subote popodne (od 18:00 do 19:00). Izabran je četvrtak jer je on kao takav mjerodavan prilikom brojanja prometa iz razloga što nema nikakvih odstupanja u prometnim tokovima (kao npr. ponedjeljkom ili petkom). Također, subota je zbog pozicije predmetnih raskrižja bila vrlo relevantna iz razloga neposredne blizine atraktora prometa koji su prethodno spomenuti. U nastavku će biti prikazani rezultati brojanja prometa (tablica 1).

Mjerna oznaka	Četvrtak 7:00 - 8:00	Četvrtak 18:00 - 19:00	Subota 9:00 - 10:00	Subota 18:00 - 19:00
ul1	56	160	288	224
ul2	192	208	256	184
ul3	144	160	344	264
ul4	200	248	168	136
iz5	296	352	544	400
iz6	256	320	304	216
ul7	320	280	240	168
ul8	152	192	152	144
ul9	120	176	120	128
iz10	424	432	384	400
ul11	104	152	112	120
ul12	88	168	200	152
ul13	72	128	152	184
ul14	144	168	120	216
iz15	328	360	480	432
iz16	416	440	456	624
ul17	72	40	48	296
ul18	152	64	128	168
ul19	192	200	368	192
iz20	240	272	240	280
iz21	56	160	288	224
ul22	232	88	160	112
ul23	88	80	120	96
iz24	0	0	0	0
ul25	192	424	272	232
ul26 (iz26)	248	320	272	280
iz27	24	72	88	72
ul28	216	312	168	240
iz29	280	304	232	288
ul30	424	432	384	400
iz31	120	176	120	128
iz32	152	192	152	144
iz33	320	280	240	168
ulaz	3160	3680	3800	3656
izlaz	3160	3680	3800	3656

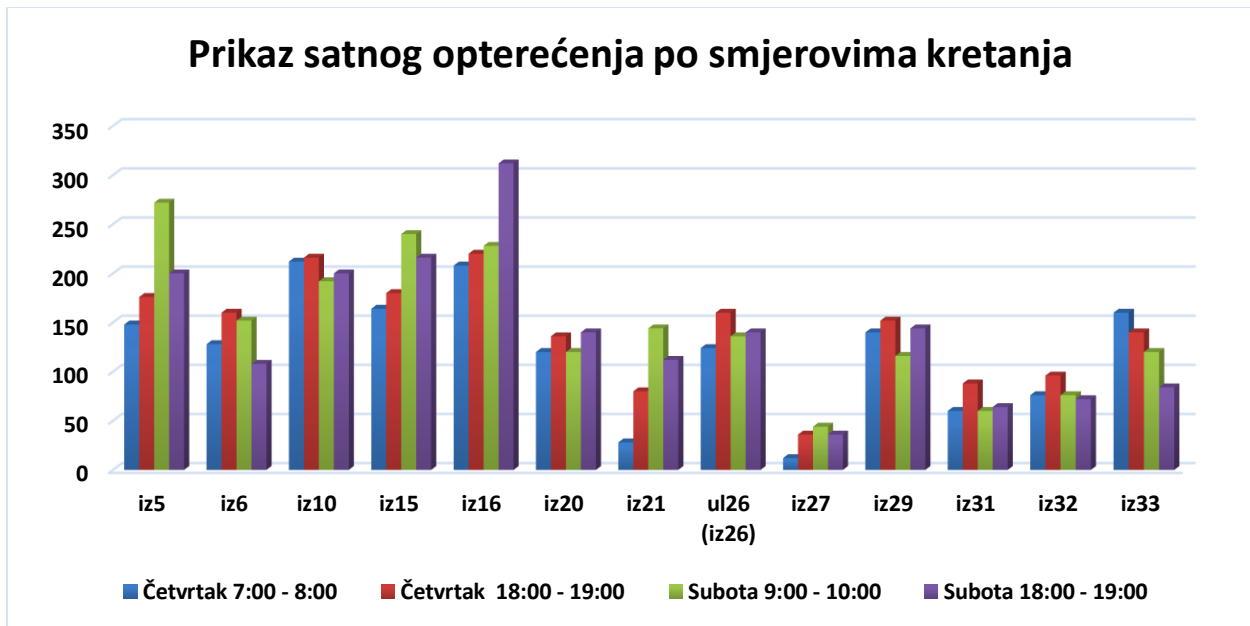
Tablica 1 Satno opterećenje na predmetnim raskrižjima

Kako bi prethodna tablica bila jasnija na slici broj 11 prikazati će se mjesta na kojima su mjerne oznake bile postavljene.



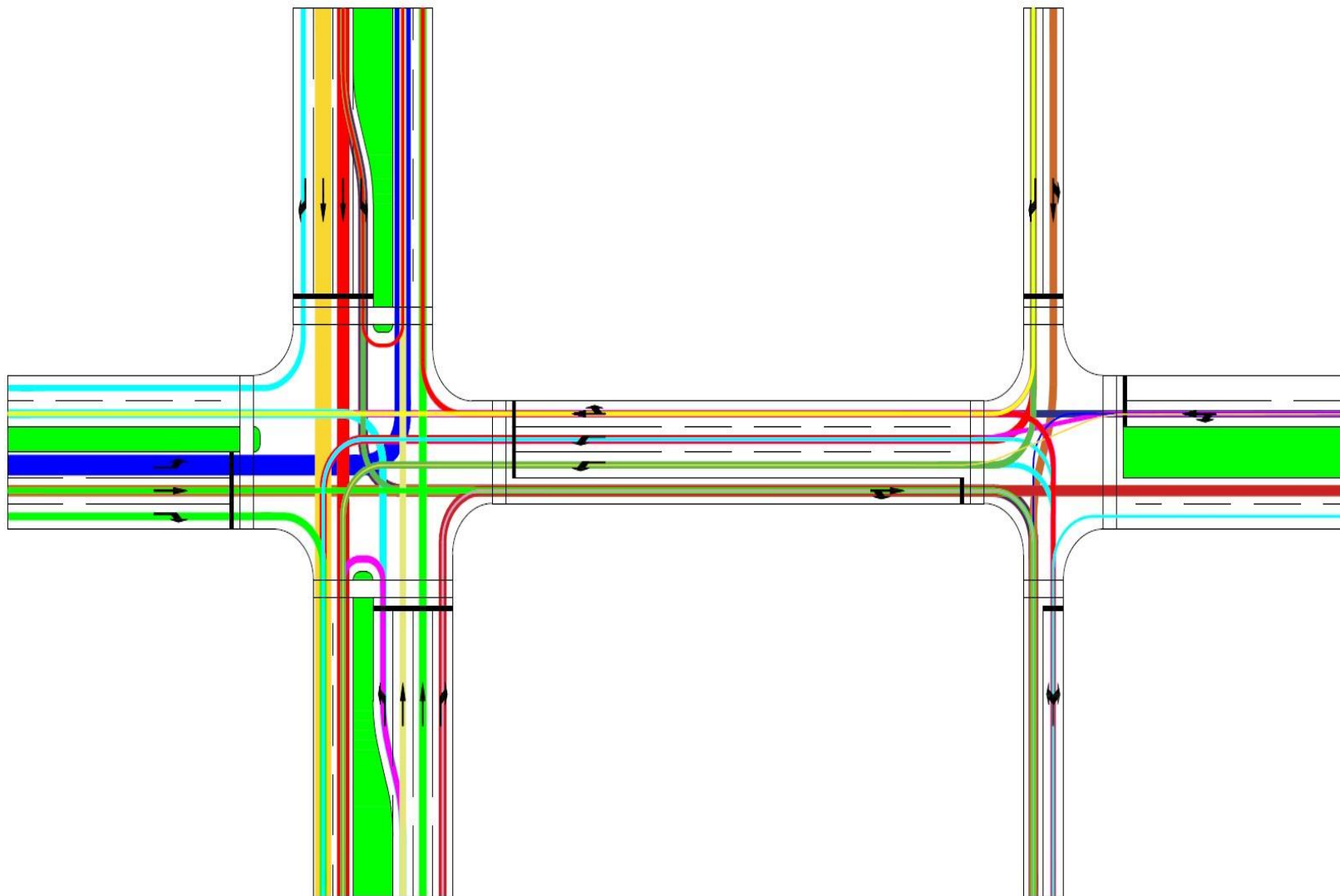
Slika 11 Prikaz predmetnih raskrižja sa označenim mjernim oznakama

Iz tablice je vidljivo je kako je prvo predmetno raskrižje opterećenije u odnosu na drugo, no to je i razumljivo jer se radi o puno većem raskrižju sa značajnom ulogom u cjelokupnoj prometnoj mreži. Isto tako, gledajući smjer kretanja uočljivo je kako se najviše vozila kreću smjerom istok – zapad, odnosno zapad – istok (Slavonska avenija), što će detaljnije biti prikazano u grafikonu 1. Takva situacija nije nimalo čudna jer se radi o jednoj od prometnijih prometnica, ne samo u Zagrebu nego već i u cijeloj Republici Hrvatskoj.



Grafikon 1 Prikaz satnog opterećenja po smjerovima kretanja

Iz prikazanog grafikona vidljivo je kako su najopterećeniji izlazi 5 i 16. Ti izlazi nalaze se na Slavenskoj aveniji što još jednom pokazuje ogromnu opterećenost te prometnice. Izlaz broj 5 bilježi najveće satno opterećenje vikendom ujutro ponajviše zbog Zelene tržnice koja se nalazi u neposrednoj blizini jer ne postoji drugi put do nje. Također, izlaz 16 bilježi najveće satno opterećenje vikendom u popodnevnim satima. Na ostalim izlazima ne događaju se značajne oscilacije u satnom opterećenju jer promatrana raskrižja vozači svakodnevno koriste za razne dnevne aktivnosti (posao, obrazovanje, rekreacija, itd.). Kako bi se upotpunila analiza, na slici broj 12 biti će prikazana cjelokupna distribucija vozila kroz predmetna raskrižja u najopterećenijem satu.



Slika 12 Prikaz distribucije vozila na predmetnim raskrižjima

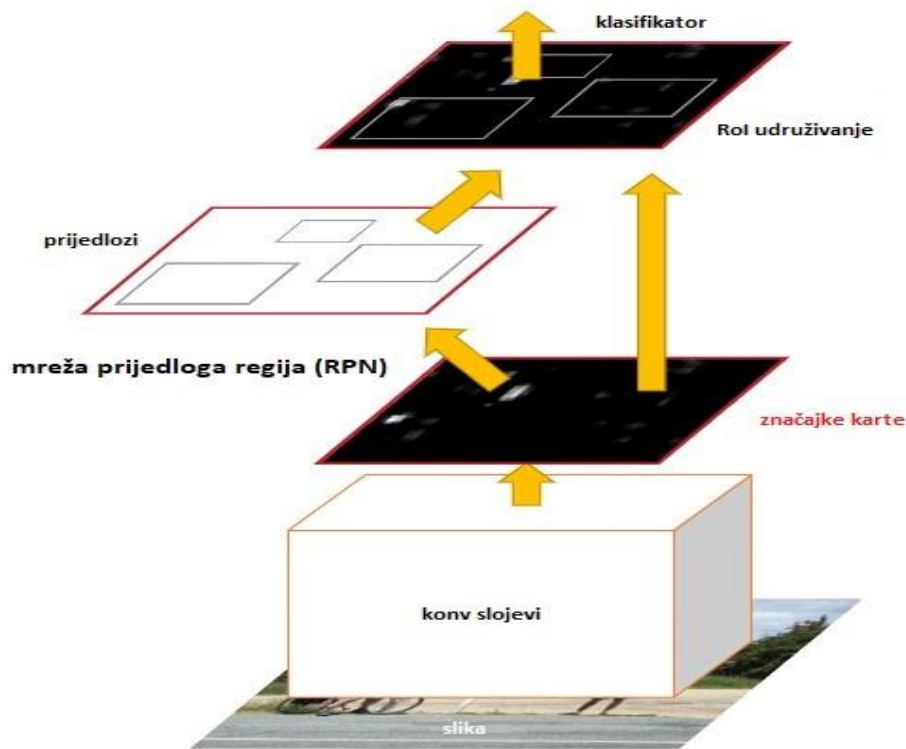
Kako je već navedeno, za prikupljanje podataka potrebnih za izradu analize brojanja prometa korišten je dron. Nakon toga, dobivene snimke bilo je potrebno obraditi. Prvi korak u obradi bilo je treniranje sustava (ručno označavanje vozila na slikama) kako bi se mogao izvršiti proces detekcije vozila. Za proces detekcije korištena je two stage metoda Faster R-CNN (slika X). To je ubrzana verzija Fast R-CNN koja zamjenjuje selektivno pretraživanje s vrlo malom konvolucijskom mrežom pod nazivom RPN (Region Proposal Network) koja generira područje interesa.⁹

Faster R-CNN metoda obično se odvija kroz sljedeće korake (slika 13):¹⁰

1. Slika se uzima kao ulaz te se prosljeđuje ConvNetu koja vraća kartu značajki za tu sliku
2. Mreža prijedloga regija (eng. RPN) se primjenjuje na te značajke karte. To vraća prijedloge predmeta zajedno s ocjenom objektivnosti
3. Na ove se prijedloge primjenjuje sloj za udruživanje RoI kako bi se svi prijedlozi sveli na istu veličinu
4. Konačno, prijedlozi se prosljeđuju potpuno povezanom sloju koji na svom vrhu ima softmax sloj i linearni regresijski sloj za klasifikaciju i iznošenje graničnih okvira za objekte

⁹ <https://cv-tricks.com/object-detection/faster-r-cnn-yolo-ssd/>

¹⁰ <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/10/a-step-by-step-introduction-to-the-basic-object-detection-algorithms-part-1/>



Slika 13 Princip rada Faster R-CNN ¹¹

Da bi se nosio s varijacijama omjera i skaliranja objekata, Faster R-CNN uvodi ideju okvira za detekciju. Na svakom mjestu originalni papir koristi tri vrste okvira za detekciju u mjerilu 128 x 128, 256 x 256 i 512 x 512. Slično tome, za omjer slike koristi tri omjera 1:1, 2:1 i 1:2. Dakle, ukupno na svakom mjestu ima 9 okvira na kojima RPN predviđa vjerojatnost da će to biti pozadina ili prednji plan. Primjenjuje se regresija granične kutije kako bi se poboljšali okviri za detekciju na svakom mjestu. Znači, RPN daje ograničavajući okvir različitih veličina s odgovarajućim vjerojatnostima svake klase. Različite veličine ograničavajućih okvira mogu se dalje prosljeđivati primjerom prostornog udruživanja. Ova metoda je 10 puta brža od Fast R-CNN a točnost im je otprilike slična. Zbog toga je metoda Faster R-CNN jedna od najtočnijih algoritama za otkrivanje objekata. ¹²

¹¹ [extension://bfdogplmndidlpjhoijckpakdkjkkil/pdf/viewer.html?file=https%3A%2F%2Farxiv.org%2Fpdf%2F1506.01497.pdf](https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf)

¹² <https://cv-tricks.com/object-detection/faster-r-cnn-yolo-ssd/>

Zadnja faza procesa je pratiti vozila koja su otkrivena Faster R-CNN metodom tijekom cijelog putovanja kroz raskrižje. Za to se koristio Simple Online and Realtime Tracking (SORT) algoritam. Algoritam radi da se opisuju objektni modeli, tj. prikaz i model kretanja koji se koriste za širenje traženog objekta u sljedeći okvir. Približavaju se pomaci među kadrovima svakoga objekta linearnim modelom konstantne brzine koji je neovisan o drugim objektima i kretanju kamere. Stanje svakog objekta modelira se na principu:

$$x = [u, v, s, r, \dot{u}, \dot{v}, \dot{s}]^T,$$

gdje u i v predstavljaju vodoravni i okomiti položaj piksela središta cilja, dok s i r predstavljaju skaliranje i omjer slike. Omjer slike se cijelo vrijeme smatra isti. Kada se traženi objekt nađe, granični okvir se koristi za ažuriranje ciljanog stanja u kojem se komponente brzine optimalno rješavaju preko Kalmanfilterovog okvira. Ako nijedna detekcija nije povezana sa traženim objektom, njegovo se stanje jednostavno predviđa bez korekcije pomoću linearnog modela brzine.¹³

Pri dodjeljivanju otkrivanja postojećim objektima, geometrija graničnog okvira svakoga objekta procjenjuje se predviđanjem njegovog novog smještaja u trenutnom okviru. Matrica troška dodjele zatim se izračunava kao udaljenost presijecanja preko linije (eng. IOU) između svake detekcije i svih predviđenih graničnih okvira za postojeće objekte.¹⁴

Kada objekti uđu i napuste sliku, trebaju se stvoriti ili uništiti jedinstveni identiteti u skladu s tim. Za stvaranje detektora bitno je da svako otkrivanje s preklapanjem manjim od IOU_{\min} označava kao postojanje nepraćenog objekta. To sprječava neograničen rast broja detekcija i pogrešaka uzrokovane predugim predviđanjem bez korekcije detektora. Rano brisanje nepostojećih objekata pomaže u efikasnosti, a ako se objekt ponovno pojavi njegovo će se praćenje implicitno nastaviti pod novim jedinstvenim identitetom.¹⁵

¹³ extension://bfdogplmndidlpjfoijckpakkdjkkil/pdf/viewer.html?file=https%3A%2F%2Ffarxiv.org%2Fpdf%2F1602.00763.pdf

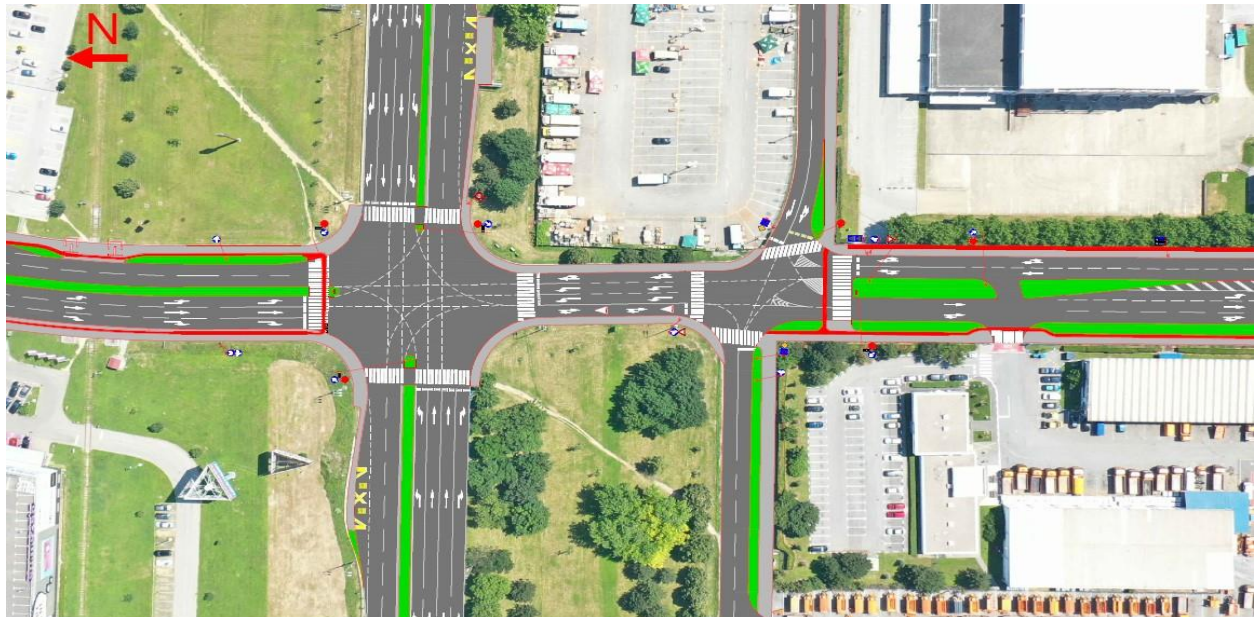
¹⁴ extension://bfdogplmndidlpjfoijckpakkdjkkil/pdf/viewer.html?file=https%3A%2F%2Ffarxiv.org%2Fpdf%2F1602.00763.pdf

¹⁵ extension://bfdogplmndidlpjfoijckpakkdjkkil/pdf/viewer.html?file=https%3A%2F%2Ffarxiv.org%2Fpdf%2F1602.00763.pdf

3.2. Analiza postojeće infrastrukture cestovnog prometa

Analiza postojeće infrastrukture vrlo je bitna stavka prilikom stjecanja uvida u cjelokupnu prometnu situaciju. Ova analiza uključuje pregled svih vrsta i kategorija cesta, cestovnih objekata (mostovi, nadvožnjaci, podvožnjaci i sl.), cestovnih raskrižja, parkirališnih površina te prometne signalizacije. Nakon odrađene analize postojeće infrastrukture dobivaju se podatci kao što su tip cestovnog raskrižja, dimenzije svih elemenata prometnice, način na koji se vrši prometna signalizacija, vrste i točne lokacije prometne opreme koje su prisutne.

Analiza postojeće infrastrukture izvršiti će se za dva raskrižja. Prvo raskrižje je karakterističnog oblika, odnosno može se reći da se radi o klasičnom četverokrakom raskrižju u razini. Drugo predmetno raskrižje je također četverokrako raskrižje ali zapadni i istočni privoz ne leže na istoj osi što uzrokuje probleme. Prikaz postojeće infrastrukture biti će prikazan na slici broj 14.



Slika 14 Prikaz postojeće infrastrukture

Na prvom predmetnom raskrižju regulacija prometa odvija se putem svjetlosne signalizacije (semafori). Svi privozi osim južnog su fizički odvojeni jedni od drugih razdjelnim otokom čime se uvelike povećava sigurnost.

Slavonska Avenija (zapadni privoz) je dvosmjerna ulica, a moguće je kretanje u svim smjerovima. Privoz se sastoji od 4 prometne trake. Dvije su namijenjene za ravno, dok je po jedna prometna traka za lijevo i desno. Ukupna širina privoza je 13 metara. Trake za ravno su širine 3.5 metara, prometna traka za lijeve skretače je širine 3 metra, dok se traka za desno skretanje postepeno proširuje od početna 2.75 metra do 3 metra. Grafički prikaz zapadnog privoza biti će prikazan na slici broj 15.



Slika 15 Zapadni privoz – Slavonska Avenija

Slavonska Avenija (istočni privoz) (slika 16) također je dvosmjerna. Sastoji se od istih količina i smjerova prometnih traka kao i zapadni privoz. Širina privoza je također 13.5 metara, ali su na ovom privozu širine prometnih traka za ravno 3.75 metara, dok su trake za lijevo i desno po 3 metra.



Slika 16 Istočni privoz – Slavonska Avenija

Po Ul. Siniše Glavaševića (sjeverni privoz) odvija se dvosmjerni promet, a dozvoljeno je kretanje u svim smjerovima, te za svaki smjer postoji zasebna prometna traka što je vidljivo na slici 17. Širina cijelog privoza iznosi 9.5 metara. Prometne trake za ravno i desno su širine 3.25 metara, a traka za lijevo je širine 3 metar.



Slika 17 Sjeverni privoz – Ul. Siniše Glavaševića

Ul. Gordana Lederera je južni privoz prvog predmetnog raskrižja. Spomenuta ulica je dvosmjerna ali nije fizički odvojena od suprotnog smjera. Kao i kod prethodnih privoza, također je moguće kretanje u svim smjerovima. Dvije prometne trake služe za skretanje ulijevo, dok je jedna prometna traka namijenjena za motorna vozila koja žele ići ravno i desno. Širina ovog privoza iznosi 9 metara, što znači da je svaka od tri navedene prometne trake širine 3 metra. Južni privoz biti će prikazan na slici broj 18.



Slika 18 Južni privoz – Ul. Gordana Lederera

U odnosu na prvo predmetno raskrižje, na drugom raskrižju tri od četiri privoza nemaju fizički odvojene smjerove. Nedavno je na raskrižju uvedena privremena regulacija prometa. Njome je promijenjena orijentacija jednog od privoza, te je redoslijed prolaska kroz raskrižje određen uspostavom ceste s prednosti prolaska tako da vozila koje se kreću Servisnom ulicom (istočni i zapadni privoz) imaju prednost prolaska.

Servisna cesta, koja je zapadni privoz drugog predmetnog raskrižja uspostavljena je kao dvosmjerna ulica. Moguće je kretati se ulijevo i udesno. Sastoji se od jedne prometne trake širine 3.5 metara iz koje su mogući navedeni manevri motornih vozila. Prikaz postojećeg stanja infrastrukture vidljivo je sa slike broj 19.



Slika 19 Zapadni privoz – Servisna cesta

Istočni privoz (Servisna cesta) (Slika 20) je jednosmjerna cesta iz koje je dozvoljeno kretati se ravno, desno i lijevo. Sastavljena je od dvije prometne trake od kojih je jedna samo za desno skretanje, dok je druga za ravno i lijevo. Širina obje prometne trake iznosi 3.5 metara, što znači da ukupna širina privoza iznosi 7 metara.



Slika 20 Istočni privoz – Servisna cesta

Na sjevernom privozu (Ul. Gordana Lederera) odvija se dvosmjerni promet iz koje je moguće skrenuti desno ili nastaviti se kretati ravno. Sastoji se od jedne prometne trake širine 3.5 metara iz koje se izvršavaju navedeni manevri što je i vidljivo na slici 21.



Slika 21 Sjeverni privoz – Ul. Gordana Lederera

Nastavak ul. Gordana Lederera je južni privoz promatranog raskrižja. Dozvoljen je dvosmjerni promet, ali je za razliku od ostalih privoza, ovdje je prisutna fizička odvojenost smjerova u vidu razdjelnog otoka širine 5.7 metara. Uspostavom nove regulacije prometa, sa ovog privoza moguće je ići ravno i lijevo (slika 22). Sastavljen je od dvije prometne trake, ali se zbog navedene promjene koristi samo jedna prometna traka iz koje motorna vozila manevriraju u dozvoljenim smjerovima. Širina privoza iznosi 6.5 metara što znači da je svaka prometna traka širine 3.25 metara.



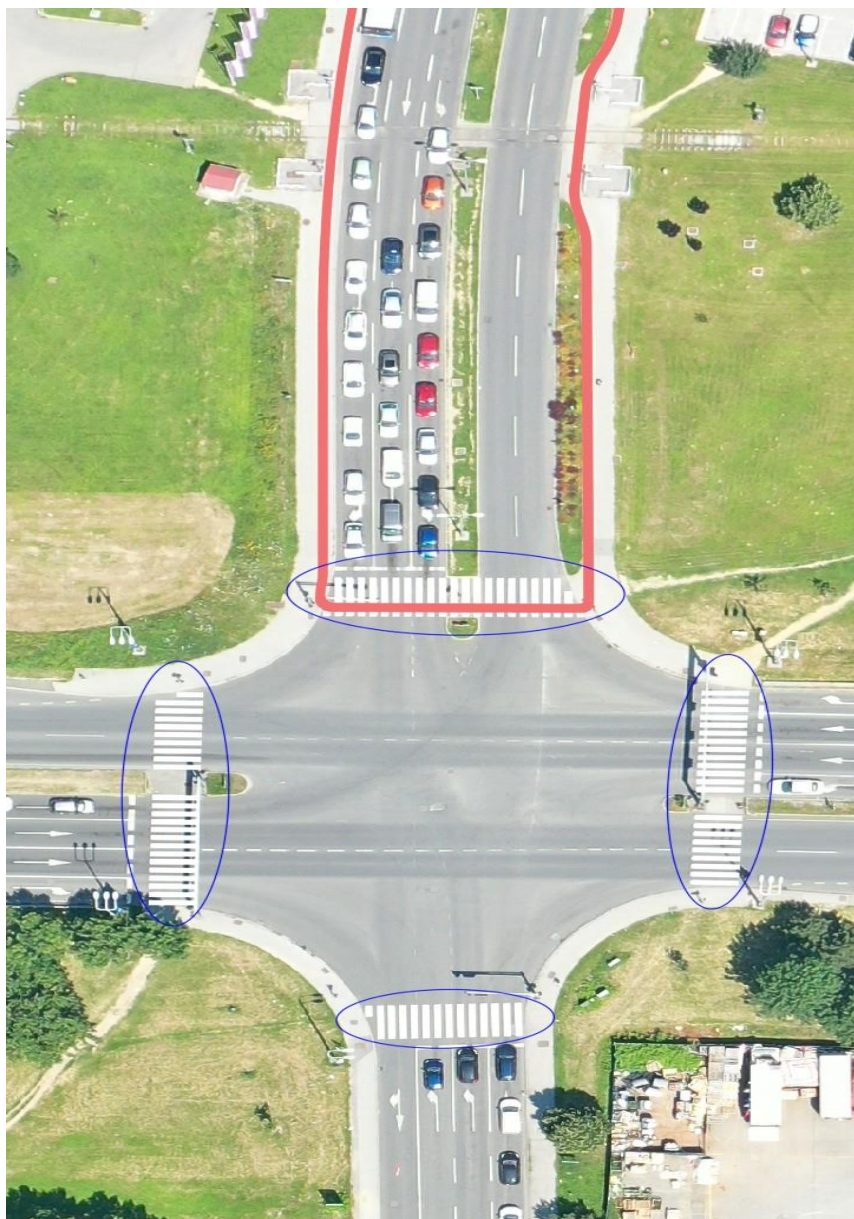
Slika 22 Južni privoz – Ul. Gordana Lederera

3.3. Analiza postojeće infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa

Posebnu kategoriju prometa podrazumijevaju pješački i biciklistički promet, dva vida nemotoriziranog prometa koji u uvjetima suvremenog odvijanja prometa zauzimaju izdvojeno mjesto. Pored izravnog značenja za odvijanje pješačkog prometa, pješačke zone imaju veliku ulogu i na podizanje kvalitete organizacije prometnih tokova na širem prostoru grada.¹⁶

Na predmetnim raskrižjima prisutan je pješački i biciklistički promet. Na prvom raskrižju pješačke staze su u cijelosti izgrađene na sjevernom i južnom privozu dok su na istočnom i zapadnom privozu djelomično izgrađene. Na spomenutim privozima (istočni i zapadni) postoje samo na kraćem dijelu i služe korisnicima javnog prijevoza kako bi se na siguran način mogli udaljiti od autobusne stanice. Također, na svakom privozu raskrižja obilježen je pješački prijelaz. Biciklistička staza na prvom predmetnom raskrižju obilježena je sa obje strane sjevernog privoza. Prikaz infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa prvog raskrižja biti će prikazani na slici 23.

¹⁶ Prometno tehnološko projektiranje, autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, FPZ, Zagreb, 2011., str 44.



Slika 23 Prikaz infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa prvog predmetnog raskrižja

Na drugom predmetnom raskrižju (slika 24), pješačke staze u potpunosti su prisutne na sjevernom i južnom privozu. Na zapadnom privozu izgrađene su sa desne strane, dok je na istočnom ona smještena na lijevoj strani od smjera dolaska na raskrižje. Postoje pješački prijelazi na svakom privozu, što povezuje sve pješačke staze u jednu cjelinu. Biciklistička staza označena je sa svake strane južnog privoza te se nastavlja preko južnog privoza uz pješački prijelaz kako bi biciklisti na siguran način mogli prijeći prometnicu.



Slika 24 Prikaz infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa drugog predmetnog raskrižja

3.4. Analiza povijesnih podataka o prometnim nesrećama

Za utvrđivanje razine sigurnosti na raskrižjima vrlo je bitno napraviti analizu povijesnih podataka o prometnim nesrećama. Iz takve analize može se učinkovito zaključiti cjelokupna problematika promatranog raskrižja sa stajališta sigurnosti cestovnog prometa, te je nakon toga lakše odrediti mjere kojima bi se spriječile nesreće a samim time i podigla razina sigurnosti. Iako je nedovoljna razina sigurnosti ustanovljena na oba dva promatrana raskrižja, kao službena „crna

točka“ na području grada Zagreba proglašeno je drugo predmetno raskrižju (raskrižje Ul. Gordana Lederera i Servisne ceste).

Za prvo promatrano raskrižje dostupni su podaci od zadnjih 6 godina. Analizom tih povijesnih podataka o prometnim nesrećama vidljivo je da je u promatranom periodu zabilježeno sveukupno 58 prometnih nesreća, od čega su dvije bile sa poginulim osobama, 20 sa ozlijeđenim osobama dok je 36 prometnih nesreća završilo samo sa materijalnom štetom. Nadalje, analizirajući vrste prometnih nesreća, utvrđeno je kako se najviše prometnih nesreća pripisuju vožnji u slijedu (28 nesreća), bočnih sudara je bilo 13 te je treća najzastupljenija vrsta nesreće bila usporedna vožnja (4 prometne nesreće). Zadnja bitna analizirana stavka je okolnosti koje su dovele do prometne nesreće. Tu prednjači vožnja na nedovoljnoj udaljenosti, a takvih prometnih nesreća je bilo 12. Sljedeća okolnost je brzina neprimjerena uvjetima (10 nesreća), dok je treća po redu nepoštivanje prednosti prolaska (7 prometnih nesreća).¹⁷ Detaljni prikaz spomenutih povijesnih podataka biti će prikazan u tablici 2.

Slavonska Av. - Ul. S. Glavaševića - Ul. G. Lederera	broj nesreća						posljedice								
	ukupno	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ukupno	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
S NASTRADALIMA	22	2	4	4	2	7	3	POGINULO	2	0	0	1	0	1	0
- s poginulima	2	0	0	1	0	1	0	OZLJEĐENO	26	2	4	5	2	8	5
- s ozlijeđenima	20	2	4	3	2	6	3	teško	1	0	1	0	0	0	0
S MATERIJALNOM ŠTETOM	36	2	4	8	10	8	4	lakše	25	2	3	5	2	8	5
VRSTE NESREĆA															
	broj nesreća						poginulo		ozlijeđeno						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2017	2019	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Iz suprotnih smjerova					2										
Bočni	1	1	3	2	4	2			1			1	4	2	
Pri usporednoj vožnji		1	1			2						1		1	
Vožnja u slijedu	1	2	5	10	7	3				2	5		4	2	
Vožnja unatrag					1										
Udar vozila u parkirano voz.															
Slijetanje vozila s ceste		1													
Nalet na biciklistu			2		1		1	1							
Nalet na pješaka	1	2							1	2					
Nalet na motociklistu															
Sudar s željezničkim voz.															
Ostalo	1	1													
Udar vozila u objekt kraj ceste															
Udar vozila u objekt na cesti				1											
Nalet na domaću životinju															
Nalet na divlju životinju															
Nalet na pticu															
ukupno	4	8	12	12	15	7	1	1	2	4	5	2	8	5	

¹⁷ Podaci dobiveni od Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske

OKOLNOSTI NESREĆA														
	broj nesreća						poginulo		ozlijeđeno					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2017	2019	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nepropisna brzina			1	1	2	1								1
Brzina neprimjerena uvjetima	1	1	1	4	2	1					3	1		2
Vožnja na ned. udaljenosti		1	3	3	3	2				1	2		4	
Zakašnjelo uoč. opasnosti														
Nepropisno pretjecanje														
Nepropisno obilaženje														
Nepropisno mimoilaženje														
Nepropisno uklj. u promet			1				1							
Nepropisno skretanje		2	2	1						1				
Nepropisno okretanje														
Nepropisna vožnja unazad					1									
Nepropisno prestrojavanje		1		1										
Nepoštivanje predn. prolaza	1				4	2			1				2	2
Nepropisno parkiranje														
Naglo usporavanje - kočenje														
Nepoštivanje svjet. znaka	1			1	2				1			1	2	
Neosigurani teret na vozilu														
Nemarno postup. s vozilom														
Ostale greške vozača	1	2	2	1	1			1		1				
Nepropisno kretanje vozila kolnikom			1											
Pješak ne poštuje svj. znak		1								1				
Pješak ne koristi obilj. prij.														
Pješak ne koristi pothodnik														
Ostale greške pješaka														
Neoček. pojava opasnosti			1			1								
Iznenadni kvar vozila														
ukupno	4	8	12	12	15	7	1	1	2	4	5	2	8	5

Tablica 2 Detaljan prikaz povijesnih podataka za prvo predmetno raskrižje

Analizom povijesnih podataka o prometnim nesrećama za vremensko razdoblje od 2017. godine do 2018. godine utvrđeno je da se na drugom promatranom raskrižju dogodilo 16 prometnih nesreća. Gledajući svaku od promatranih godina zasebno, zabilježeno je 5 prometnih nesreća u 2017. godini od čega tri sa ozlijeđenim osobama (bez poginulih) a dvije s materijalnom štetom. Za 2018. godinu evidentirano je jedanaest prometnih nesreća od kojih je sedam sa ozlijeđenim osobama (bez poginulih) te četiri s materijalnom štetom. Zanimljivo je kako su sve nastale prometne nesreće evidentirane kao bočni sudar, a takva vrsta sudara je gledajući sa stajališta sigurnosti najopasnija. Još je važno spomenuti da je 14 od 16 prometnih nesreća uzrokovano nepoštivanjem prednosti prolaska, dok je po jedna prometna nesreća nastala nepropisnim okretanjem i ostalom greškom vozača.¹⁸ Cjelokupni uvid u povijesne podatke biti će prikazan u tablici 3.

¹⁸ Podaci dobiveni od Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske

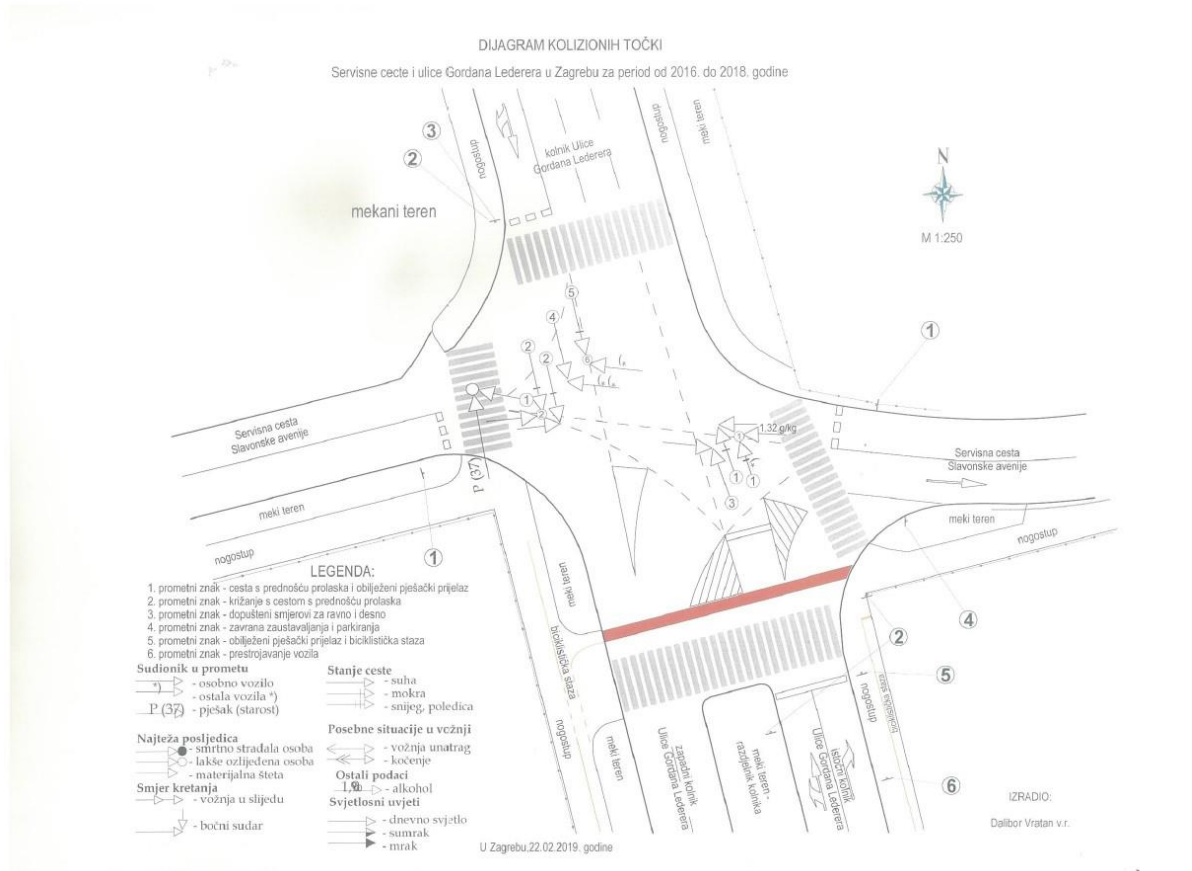
GORDANA LEDERERA-SERVISNA	broj nesreća				posljedice				
	ukupno	2017	2018	2019	ukupno	2017	2018	2019	
S NASTRADALIMA	10	5	11		POGINULO	0	0	0	
- s poginulima	0	0	0		OZLIJEĐENO	12	3	9	
- s ozlijeđenima	10	3	7		teško	1	0	1	
S MATERIJALNOM ŠTETOM	6	2	4		lakše	11	3	8	
VRSTE NESREĆA									
	broj nesreća			poginulo			ozlijeđeno		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Iz suprotnih smjerova									
Bočni	5	11					3	9	
Pri usporednoj vožnji									
Vožnja u slijedu									
Vožnja unatrag									
Udar vozila u parkirano voz.									
Slijetanje vozila s ceste									
Nalet na biciklistu									
Nalet na pješaka									
Nalet na motociklistu									
Sudar s željezničkim voz.									
Ostalo									
Udar vozila u objekt kraj ceste									
Udar vozila u objekt na cesti									
Nalet na domaću životinju									
Nalet na divlju životinju									
Nalet na pticu									
ukupno	5	11	0	0	0	0	3	9	0

OKOLNOSTI NESREĆA									
	broj nesreća			poginulo			ozlijeđeno		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Nepropisna brzina									
Brzina neprimjerena uvjetima									
Vožnja na ned. udaljenosti									
Zakašnjelo uoč. opasnosti									
Nepropisno pretjecanje									
Nepropisno obilaženje									
Nepropisno mimoilaženje									
Nepropisno uklj. u promet									
Nepropisno skretanje							1		
Nepropisno okretanje	1								
Nepropisna vožnja unazad									
Nepropisno prestrojavanje									
Nepoštivanje predn. prolaza	4	10					2	8	
Nepropisno parkiranje									
Naglo usporavanje - kočenje									
Nepoštivanje svjet. znaka									
Neosigurani teret na vozilu									
Nemarno postup. s vozilom									
Ostale greške vozača		1						1	
Nepropisno kretanje vozila kolnikom									
Pješak ne poštuje svj. znak									
Pješak ne koristi obilj.prij.									
Pješak ne koristi pothodnik									
Ostale greške pješaka									
Neoček. pojava opasnosti									
Iznenadni kvar vozila									
ukupno	5	11	0	0	0	0	3	9	0
UVJETI VIDLJIVOSTI									
	broj nesreća			poginulo			ozlijeđeno		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
dan	2	9					1	6	
noć	2	2					1	3	
sumrak	1						1		
svitanje									
ukupno	5	11	0	0	0	0	3	9	0

STANJE POVRŠINE KOLNIKA									
	broj nesreća			poginulo			ozlijeđeno		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
suh - čist	3	8					2	8	
suh - pijesak, šljunak									
mokar	2	3					1	1	
blato									
snijeg-razgrnut									
snijeg-nije razgrnut									
zaleđen-posut									
zaleđen-nije posut									
odron kamenja									
zemlja suha									
zemlja mokra									
ulje i sl. stvari									
ukupno	5	11	0	0	0	0	3	9	0
ATMOSFERSKE PRILIKE									
	broj nesreća			poginulo			ozlijeđeno		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
vedro	3	9					2	4	
oblačno		2						5	
kiša	2						1		
magla									
snijeg									
slana									
ostalo									
ukupno	5	11	0	0	0	0	3	9	0
VRIJEME - PO SATU NASTANKA									
SATI, od - do	broj nesreća			poginulo			ozlijeđeno		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
00 - 02									
02 - 04									
04 - 06	1								
06 - 08									
08 - 10									
10 - 12		2						1	
12 - 14	2	1						1	
14 - 16		3					1	2	
16 - 18	1	2					1	1	
18 - 20		1						1	
20 - 22		2						3	
22 - 24	1						1		
ukupno	5	11	0	0	0	0	3	9	0

Tablica 3 Detaljan prikaz povijesnih podataka za drugo promatrano raskrižje

Za kraj, kako bi se upotpunila analiza, na slici broj 25 biti će prikazan dijagram kolizionih točaka za drugo predmetno raskrižje.



Slika 25 Dijagram kolizionih točaka

4. Prijedlog idejnog rješenja

Prijedlozi rješenja su prijedlozi mjera i zahvata na području obuhvata kojima je moguće unaprijediti stanje prometnog sustava. Prijedlozi mjera su prijedlozi kojima se predlažu promjene u organizaciji prometnog sustava i prometnoj politici, a prijedlozi zahvata su prijedlozi kojima se daju rješenja za izgradnju ili rekonstrukciju elemenata prometne infrastrukture.¹⁹

Nakon izvršene analize postojećeg stanja utvrđeni su nedostaci predmetnih raskrižja te će se na temelju tih podataka predložiti rješenja kako bi se povećala propusna moć i sigurnost cestovnog prometa.

Prvi prijedlog zahvata je denivelacija Slavonske avenije ispod razine te izgradnja kružnog raskrižja u razini. Iako je to jako skupa investicija, denivelacijom Slavonske avenije povećala bi se propusna moć prvog predmetnog raskrižja, a samim time i drugog predmetnog raskrižja. Omogućio bi se nesmetan prolaz vozila u smjeru zapad – istok što bi smanjilo repove čekanja koja se stvaraju na ostalim privozima. Izgradnjom kružnog raskrižja iznad omogućilo bi se nesmetano odvijanje prometa u svim smjerovima a povećala bi se razina sigurnosti cestovnog prometa jer bi se smanjio broj konfliktnih točaka.

Općenito, kružna raskrižja su uvijek dobra solucija kod problematičnih raskrižja jer oni pružaju:²⁰

- Puno veću sigurnost prometa (s manjim brojem konfliktnih točaka i sa smanjenim brzinama u kružnom toku) uz manje posljedice prometnih nezgoda (bez čelnih i sudara pod pravim kutem)
- Manje čekanje na privozima (kontinuitet vožnje) i mogućnost propuštanja jačih prometnih tokova
- Manja okupiranost zemljišta i troškovi održavanja
- Veća propusna moć raskrižja, uz manje proizvedene buke i štetnih plinova
- Dobro rješenje pri ravnomjernijem opterećenju privoza i kao mjera za smirivanje prometa
- Dobro rješenje za slučajeve s više privoza (pet ili više)

¹⁹ Dadić I., Šoštarić M., Brlek P., Prometno tehnološko projektiranje, Autorizirana predavanja, Zagreb, 2012.

²⁰ Legac I., Raskrižja javnih cesta, Zagreb, 2008., str. 88-89

- Mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor

Isto tako, kružna raskrižja imaju određenih nedostataka kao što su:²¹

- Slabo rješenje za slučaj velikog prometnog toka sa skretanjem ulijevo (zbog duljih putovanja, s otežavajućim presijecanjem i preplitanjem)
- Povećanjem broja kružnih prometnih trakova smanjuje se razina sigurnosti
- Veliko, odnosno višetračno kružno raskrižje, nije najpogodnije za osobe s posebnim potrebama (slabovidni, invalidi, starije osobe, itd.) odnosno u blizini ustanova za obrazovanje i odgoj (vrtići, škole) zbog kretanja u kolonama, veći broj i širi privozi)ponekad) itd.
- Produljenje putanje pješaka i vozila s obzirom na izravno kanalizirana klasična raskrižja
- Problemi pri većem biciklističkom ili pješačkom prometu, koji presijecaju jedan ili više privoza prema raskrižju

Osim spomenutog povećanja razine sigurnosti, iz prethodno navedenih prednosti koje pruža kružno raskrižje vidljivo je kako bi se na predmetnom raskrižju također osigurala veća protočnost, smanjili bi se repovi čekanja na privozima te bi se smanjilo vrijeme čekanja. Kako je promet na raskrižju ravnomjeran te kako nema veliki broj pješaka i biciklista, kružnim raskrižjem ne bi se negativno utjecalo na cjelokupnu prometnu sliku.

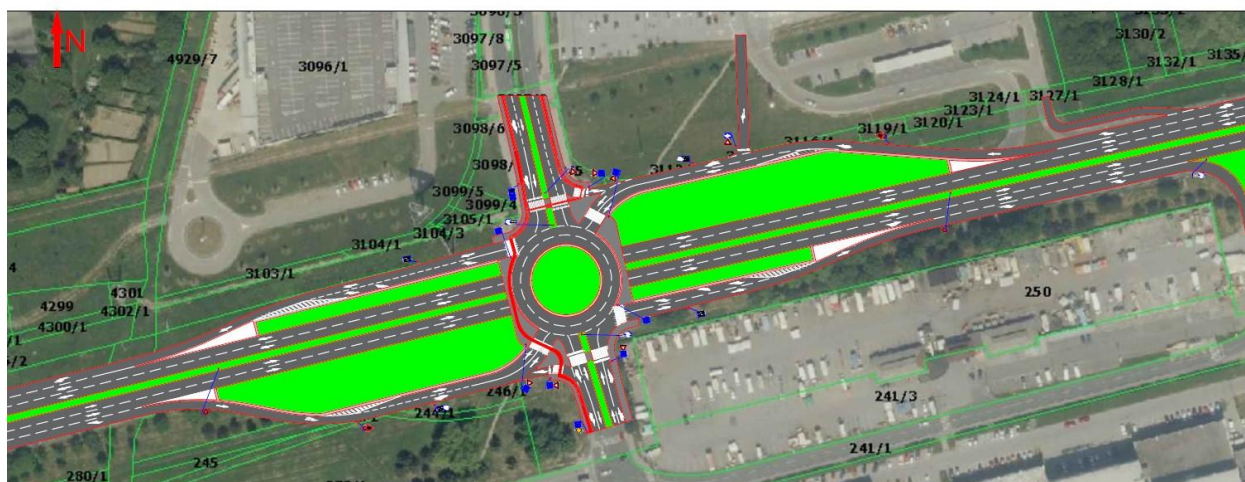
Za vozila koja sa Slavonske avenije žele ići prema kružnom raskrižju, izgradile bi se ulazne trake u dužini od 100 metara kako njihovo prestrojavanje ne bi ometalo vozače koji nastavljaju ravno. Također, za vozila koja dolaze iz smjera kružnog raskrižja te se žele uključiti na Slavonsku aveniju, osigurala bi se izlazna traka u iznosu od 100 m. Ove trake su od iznimne važnosti kako bi vozila koja se priključuju mogli dostići brzinu od 80 km/h (80 km/h je ograničenje na Slavonskoj aveniji) te se na siguran način uključiti u promet.

Predviđeni kružni tok ispunjava sve minimalne tehničke zahtjeve te je obilježen sa svom potrebnom signalizacijom. Sastoji se od dvije prometne trake te su na svakom privozu kružnog raskrižja također predviđene po dvije trake. Razlog odabira dvotračnog kružnog raskrižja bio je

²¹ Legac I., Raskrižja javnih cesta, Zagreb, 2008., str. 89

veliki broj vozila koji svakodnevno prometuju promatranim područjem pa će dvije trake također pomoći pri povećanju propusne moći. Na sjevernom i južnom privozu jedna traka zamišljena je kao samo traka za ulazak u kružni tok, dok je druga traka za ravno i desno. Istočni i zapadni privoz napravljeni su pod kutem kako bi se izbjegao tangencijalni prolaz kroz raskrižje. Također, na tim privozima napravljeno je posebno odvajanje za desne skretače da bi se smanjio nepotreban ulazak vozila u kružno raskrižje.

Kako bi prijedlog idejnog rješenja bilo bolje vidljiv, na slici broj 26 biti će prikazano prvo predmetno raskrižje, na slici broj 27 biti će prikazano drugo predmetno raskrižje, dok će u prilogu 1 biti prikazano cjelokupno.

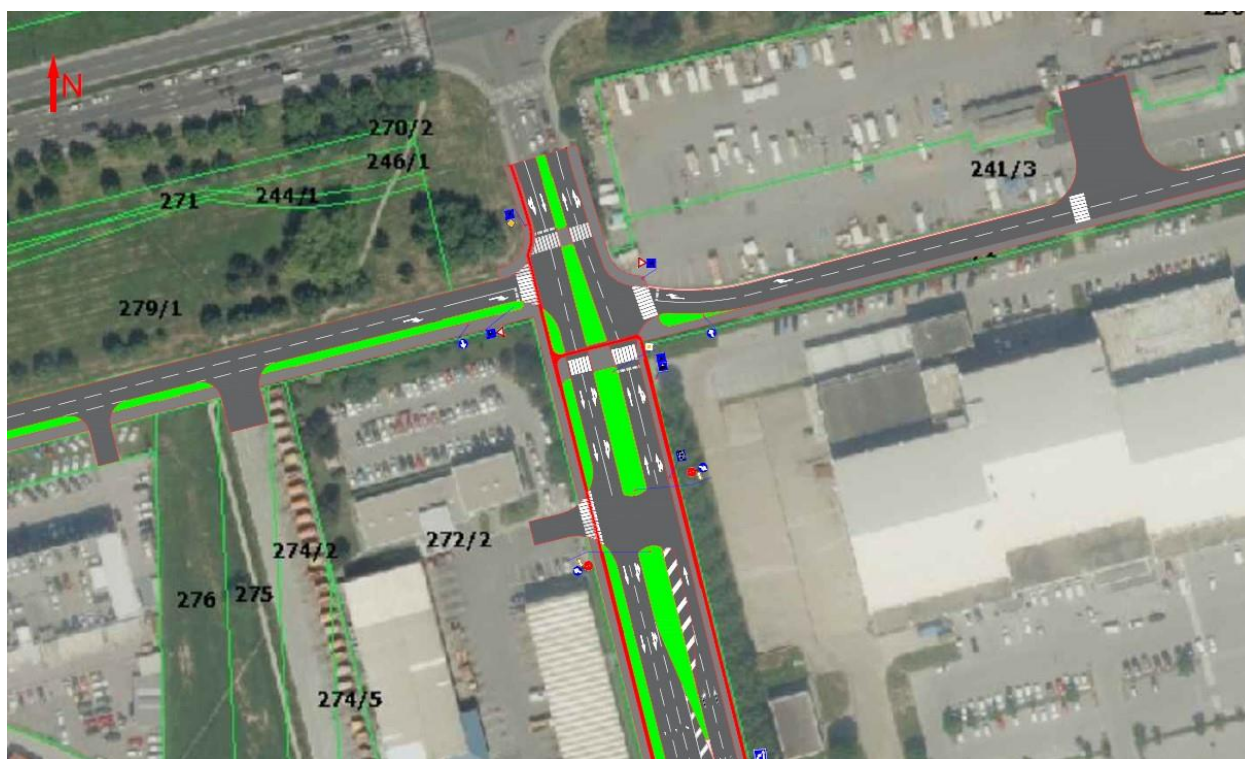


Slika 26 Prikaz idejnog prometnog rješenja koji obuhvaća prvo predmetno raskrižje

Na drugom predmetnom raskrižju iz analize postojećeg stanja uočena je izrazito niska razina sigurnosti cestovnog prometa, kao i smanjena protočnost te stvaranje dugih repova čekanja. Problem protočnosti i repova čekanja trebalo bi se riješiti prethodno navedenim zahvatom na prvom predmetnom raskrižju. Kako bi se smanjio broj konfliktnih točaka, a samim time i povećala razina sigurnosti prometa, predlaže se promjena smjernosti i regulacije prometa na samom raskrižju. Prvi prijedlog bio bi promjena ceste s prednosti prolaska pa bi tako glavni pravac postao sjever – jug. Na istočnom privozu odvijao bi se dvosmjerni promet (trenutno stanje je jednosmjerna prometnica u smjeru predmetnog raskrižja). Prethodno navedena promjena

smjernosti značila bi da vozila sa sporednih pravaca (istočni i zapadni privoz) imaju obvezu nastaviti kretanje udesno, dok vozila sa glavnog pravca imaju mogućnost kretati se ravno i desno. Kako bi vozači bolje percipirali novonastalu situaciju te kako bi se fizički onemogućilo vozila krivo skreću, predlaže se produljenje razdjelnog pojasa koji su prisutni na sjevernom i južnom privozu.

Za vozila koja dolaze zapadnim privozom i žele kretanje nastaviti ravno ili lijevo, iza predmetnog raskrižja ostavljen je dovoljan prostor kako bi se mogli polukružno okrenuti te doći na južni privoz iz kojega mogu nastaviti željeno kretanje. Za vozila koja dolaze istočnim privozom i žele nastaviti kretanje istim smjerom kao prethodno navedena vozila, koristiti će novoizgrađeno kružno raskrižje kako bi se okrenuli i došli na sjeverni privoz predmetnog raskrižja i nastavili se kretati u željenom smjeru. Navedeni princip također vrijedi i za vozila koja sa sjevernog i južnog privoza žele skrenuti lijevo. Na slici 27 biti će prikazan onaj dio idejnog prometnog rješenja koje se odnosi na drugo predmetno raskrižje.



Slika 27 Prikaz idejnog prometnog rješenja koji obuhvaća prvo predmetno raskrižje

5. Zaključak

Svrha ovog diplomskog rada bila je utvrditi problematiku koja je prisutna na raskrižjima u zoni Ulice Gordana Lederera, te predložiti idejno rješenje za poboljšanje iste. Može se zaključiti kako veliki problem u spomenutoj zoni stvara nedovoljna propusna moć koja se očituje u dugim repovima čekanja koji povećavaju vrijeme čekanja, produljuju vrijeme putovanja, nepotrebno zagađuje okoliš, itd. Predmetna raskrižja izrazito su problematična i sa stajališta sigurnosti cestovnog prometa jer je zabilježen veliki broj prometnih nesreća u proteklih par godina. Loša regulacija i neadekvatna signalizacija na drugom predmetnom raskrižju najveći je razlog takve situacije jer su se sve prometne nesreće dogodile na isti način što je izrazito alarmantno.

Kako bi se mogao izraditi prijedlog idejnog rješenja potrebno je napraviti detaljnu analizu postojećeg stanja. Njome se dobio detaljan uvid u prometno-tehničke elemente raskrižja. Odrađena je analiza postojećih prometnih tokova, analiza prometne infrastrukture cestovnog prometa, analiza postojeće infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa te analiza povijesnih podataka o prometnim nesrećama. Utvrđeni su brojni nedostaci na oba predmetna raskrižja. Najveći problem prvog predmetnog raskrižja je nedovoljna razina usluge što dovodi do neadekvatne propusne moći a onda samim time i do zagušenja. Takva situacija se prelijeva na drugo predmetno raskrižje je se ona nalaze na vrlo maloj udaljenosti. Također, na drugom predmetnom raskrižju najviše problema stvara nepoštivanje prednosti prolaska te veliki broj konfliktnih točaka.

Na temelju izvršene analize postojećeg stanja i dobivanje detaljnog uvida u prisutnu problematiku predloženo je idejno prometno rješenje. Njime se predlaže vrlo skupo ali učinkovito rješenje, a to je denivelacija Slavonske avenije ispod razine te izgradnja kružnog raskrižja u razini na mjestu postojećeg semaforiziranog raskrižja. Smatra se kako bi se time riješio glavni problem, a to je da bi se povećala propusna moć. Zbog velikog broja vozila koja prometuju predmetnim raskrižjima, predloženo je dvotračno kružno raskrižje sa dvije trake na svakom privozu. Ono bi ostalo povezano sa drugim predmetnim raskrižjem na kojemu bi se promijenila smjernost. Na njemu ne bi bilo moguće lijevo skretanje čime bi se broj presijecanja uvelike smanjio. Isto tako

promijenila bi se regulacija prometa i dopunila horizontalna i vertikalna signalizacija kako bi se sudionicima u prometu olakšalo putovanje.

Za kraj, bitno je napomenuti kako je prilikom obrade brojanja prometa koji je izvršen dronom došlo do problema koji su rezultirali nepotpunim podacima. Broj slika koji su proizašli iz snimaka bio je izrazito velik što je uvelike otežalo cijeli proces obrade. Veliki broj podataka stvarao je probleme prilikom procesa detekcije te praćenja vozila kroz raskrižje što se očituje u gubitku dijela vozila. Također, zbog svega navedenog nije bilo moguće niti napraviti klasifikaciju vozila što je rezultiralo nemogućnošću izračuna razine usluge prisute na predmetnim raskrižjima, prognoze porasta prometa kao i napraviti evaluaciju rezultata.

Literatura

1. Bilješke sa predavanja iz kolegija Prometno tehnološko projektiranje, ak. god. 2019/2020
2. Golubić J., Kolar V.: Ekološki aspekti optimizacije prometa na raskrižjima u gradu Zagrebu, Zagreb, 2011.
3. <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/14474> (rujan 2020.)
4. <https://geoportal.zagreb.hr/Karta> (rujan 2020.)
5. Prometno tehnološko projektiranje, autorizirana predavanja, Sveučilište u Zagrebu, FPZ, Zagreb, 2011.
6. <https://www.prometna-zona.com/brojanje-ili-snimanje-prometa/> (rujan 2020.)
7. <https://cv-tricks.com/object-detection/faster-r-cnn-yolo-ssd/> (rujan 2020.)
8. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/10/a-step-by-step-introduction-to-the-basic-object-detection-algorithms-part-1/> (rujan 2020.)
9. <extension://bfdogplmndidlpjfhoijckpakkdjkkil/pdf/viewer.html?file=https%3A%2F%2Farxiv.org%2Fpdf%2F1506.01497.pdf>
10. <extension://bfdogplmndidlpjfhoijckpakkdjkkil/pdf/viewer.html?file=https%3A%2F%2Farxiv.org%2Fpdf%2F1602.00763.pdf>
11. Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske
12. Dadić I., Šošarić M., Brlek P., Prometno tehnološko projektiranje, Autorizirana predavanja, Zagreb, 2012.
13. Legac I., Raskrižja javnih cesta, Zagreb, 2008., str. 88-89

Popis slika

Slika 1 Prikaz granica Grada Zagreba	3
Slika 2 Prikaz šire zone obuhvata	5
Slika 3 Prikaz predmetnih raskrižja	6
Slika 4 City Centar one East	7
Slika 5 Emmezeta	8
Slika 6 McDonalds	9
Slika 7 Zelena tržnica	10
Slika 8 Bauhaus	11
Slika 9 Volvo Car centar Zagreb i Kia centar Zagreb	12
Slika 10 Dron JJRC	16
Slika 11 Prikaz predmetnih raskrižja sa označenim mjernim oznakama	18
Slika 12 Prikaz distribucije vozila na predmetnim raskrižjima.....	20
Slika 13 Princip rada Faster R-CNN	22
Slika 14 Prikaz postojeće infrastrukture	25
Slika 15 Zapadni privoz – Slavonska Avenija	25
Slika 16 Istočni privoz – Slavonska Avenija.....	26
Slika 17 Sjeverni privoz – Ul. Siniše Glavaševića	27
Slika 18 Južni privoz – Ul. Gordana Lederera.....	28
Slika 19 Zapadni privoz – Servisna cesta	29
Slika 20 Istočni privoz – Servisna cesta	30
Slika 21 Sjeverni privoz – Ul. Gordana Lederera.....	31
Slika 22 Južni privoz – Ul. Gordana Lederera.....	32
Slika 23 Prikaz infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa prvog predmetnog raskrižja	34
Slika 24 Prikaz infrastrukture pješačkog i biciklističkog prometa drugog predmetnog raskrižja ..	35
Slika 25 Dijagram kolizionih točaka.....	40
Slika 26 Prikaz idejnog prometnog rješenja koji obuhvaća prvo predmetno raskrižje	43
Slika 27 Prikaz idejnog prometnog rješenja koji obuhvaća prvo predmetno raskrižje	44

Popis tablica

Tablica 1 Satno opterećenje na predmetnim raskrižjima	17
Tablica 2 Detaljan prikaz povijesnih podataka za prvo predmetno raskrižje	37
Tablica 3 Detaljan prikaz povijesnih podataka za drugo promatrano raskrižje	39

Popis grafikona

Grafikon 1 Prikaz satnog opterećenja po smjerovima kretanja	19
---	----

Popis priloga

Idejno prometno rješenje



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
necitiranog 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 raskrižja u zoni Ulice Gordana Lederera u Gradu Zagrebu**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, _____ 9/16/2020 _____

Student/ica:

Marija
(potpis)