

Optimizacija prometnih tokova na raskrižju D306 - Ulica Kažimira Zankija - Put Nina - Put Matije Gupca u gradu Zadru

Malčić, Ivan

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:233285>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-29**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Malčić

**OPTIMIZACIJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU D306,
ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA, PUT NINA I PUT MATIJE GUPCA U
GRADU ZADRU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Zagreb, 5. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za prometno planiranje**
Predmet: **Teorija prometnih tokova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6123

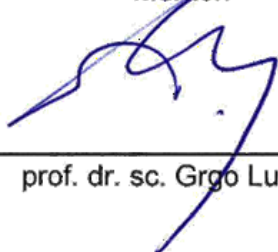
Pristupnik: **Ivan Mačić (1219052805)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Optimizacija prometnih tokova na raskrižju D306 Ulica Kažimira Zankija Put
Nina Put Matije Gupca u gradu Zadru**

Opis zadatka:

U diplomskom radu neophodno je opisati problematiku, navesti svrhu i ciljeve izrade rješenja te grafički i tekstualno prikazati makro i mikro lokaciju zone obuhvata. Provedbom detaljne analize postojećeg stanja potrebno je odrediti nedostatke trenutnog rješenja odnosno probleme odvijanja prometnih tokova. Kao zasebno poglavlje potrebno je provesti prognozu prometa za vremensko razdoblje od 20 godina. Na temelju rezultata analize postojećeg stanja i podataka o budućoj prometnoj potražnji neophodno je predložiti idejno prometno rješenje kojim bi se ujedno povećala propusna moć i sigurnost za sve sudionike cestovnog prometa. U završnom djelu rada treba napraviti evaluaciju predloženih rješenja te donijeti konkretne zaključke na temelju svega prije navedenog u diplomskom radu.

Mentor:



prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**OPTIMIZACIJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU D306,
ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA, PUT NINA I PUT MATIJE GUPCA U
GRADU ZADRU**

**TRAFFIC FLOW OPTIMIZATION AT THE INTERSECTION D306,
KAŽIMIRA ZANKIJA STREET, PUT NINA, AND PUT MATIJE
GUPCA IN THE CITY OF ZADAR**

Mentor: prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Ivan Malčić

JMBAG: 1219052805

Zagreb, rujan 2021.

OPTIMIZACIJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU D306, ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA, PUT NINA I PUT MATIJE GUPCA U GRADU ZADRU

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu predlažu se prometna rješenja za optimizaciju prometnih tokova na jednom od najopterećenijih raskrižja u gradu Zadru. Na predmetnom raskrižju utvrđena su prometna zagušenja tijekom vršnih vremena, naročito u ljetnom vremenskom periodu, koja se očituju dugim repovima čekanja odnosno vremenima kašnjenja na svim privozima. U cilju utvrđivanja problematike trenutačnog odvijanja prometnih tokova provedena je analiza postojećeg stanja. Nakon detaljno izvršene analize postojećeg stanja, provedena je prognoza prometa za narednih 20 godina. Na temelju prognozirane prometne potražnje i konkretnih zaključaka dobivenih provedbom analize postojećeg stanja, predlažu se idejna rješenja kojima se optimizira odvijanje prometnih tokova unutar područja obuhvata. Predložena idejna rješenja izrađena su pomoću programskog alata AutoCAD. U cilju utvrđivanja učinkovitosti idejnih rješenja, provedena je evaluacija pojedinih rješenja tj. komparacija izlaznih rezultata simulacijskih modela izrađenih u programskom alatu PTV Vissim. Naposljetku ovog rada, na temelju rezultata komparacijske analize predlaže se optimalno idejno rješenje odnosno rješenje koje u većoj mjeri udovoljava zahtjevima s aspekta propusne moći i sigurnosti, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju.

KLJUČNE RIJEČI: prometni tok; analiza postojećeg stanja; prognoza prometa; idejno rješenje; razina usluge

TRAFFIC FLOW OPTIMIZATION AT THE INTERSECTION D306, KAŽIMIRA ZANKIJA STREET, PUT NINA, AND PUT MATIJE GUPCA IN THE CITY OF ZADAR

SUMMARY

This paper deals with suggesting traffic solutions for traffic flow optimization on an intersection in the city of Zadar with extremely heavy traffic situation. At the said intersection, traffic congestions were identified at peak times (especially during the summertime period), which manifest itself in lengthy queues, that is, in vehicle delay times on all of the intersection legs. With the purpose of determining the issues in current traffic flow, we conducted the detailed analysis of the existing situation, after which, the traffic forecast for the next 20 years was established. Based on the forecast traffic demand and the specific conclusion obtained by the analysis of the current situation, a number of conceptual solutions are proposed which could result in the traffic flow optimization within the scope of this research. The proposed conceptual solution were created using the AutoCAD software tool. With the goal of determining the conceptual solutions' efficiency, we conducted the evaluation of the specific solutions by comparing the existing results of the simulation models developed in the programme tool PTV Vissim. Lastly, the end of this paper, having the comparative analysis' results in mind, demonstrates the optimal conceptual solution, i.e. the solution which meets the necessary requirements to a greater extent, bearing in mind, both, the aspect of maximum road capacity and safety, but also, the forecasted traffic demand.

KEYWORDS: traffic flow; analysis of the existing situation; traffic forecast; conceptual solution; level of service

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA	4
2.1. Definiranje šire zone obuhvata.....	4
2.2. Definiranje uže zone obuhvata	8
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA.....	10
3.1. Analiza prostorno planske dokumentacije	12
3.2. Analiza prometne infrastrukture.....	16
3.3. Analiza prometnih tokova	22
3.4. Analiza prometne signalizacije	40
3.4.1. Prometni znakovi.....	41
3.4.2. Oznake na kolniku.....	48
3.4.3. Prometna svjetla	54
3.5. Analiza sigurnosti odvijanja prometnih tokova	56
3.5.1. Prometne nesreće.....	56
3.5.2. Konfliktne točke	64
3.5.3. Preglednost	67
3.6. Analiza signalnog plana semaforiskog uređaja	74
3.7. Analiza sustava javnog prijevoza putnika	78
3.8. Analiza parkirališnih površina.....	82
3.9. Zaključak analize postojećeg stanja	84
4. PROGNOZA PROMETA	89
4.1. Prognoza prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta.....	92
4.2. Prognoza prometa primjenom pravca regresije.....	98
5. PRIJEDLOZI IDEJNIH RJEŠENJA.....	105
5.1. Idejno rješenje 1 – Semaforizirano četverokrako raskrižje u razini.....	106

5.1.1.	Matrica zaštitnih međuvremena	109
5.1.2.	Izrada signalnog plana.....	113
5.2.	Idejno rješenje 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika.....	122
6.	EVALUACIJA POJEDINIH RJEŠENJA	128
6.1.	Evaluacija postojećeg stanja.....	131
6.2.	Evaluacija idejnog rješenja 1.....	134
6.3.	Evaluacija idejnog rješenja 2.....	140
6.4.	Komparacija pojedinih rješenja.....	144
7.	ZAKLJUČAK	148
	LITERATURA:.....	151
	POPIS KRATICA:	154
	POPIS SLIKA:	155
	POPIS TABLICA:.....	157
	POPIS GRAFIKONA:	159
	POPIS PRILOGA:.....	160

1. UVOD

Suvremeni trend urbanizacije odnosno ubrzani razvoj gradova, dovodi do značajnog porasta prometa točnije stupnja motorizacije. Jedan od važnijih čimbenika za gospodarski i društveno ekonomski razvoj nekog područja je kvalitetno razvijen prometni sustav. Elemente prometnog sustava, potrebno je u što većoj mjeri prilagoditi kako trenutačnim tako i budućim zahtjevima korisnika. Svjedoci smo kako u manje naprednim zemljama, razvoj infrastrukture ne prati u istoj mjeri porast prometa, što dovodi do smanjenja razine uslužnosti i sigurnosti svih sudionika u prometu, što u krajnjem smislu utječe kako i na gospodarski tako i na društveno ekonomski razvoj nekog područja. Najznačajniji problemi generiraju se na cestovnim čvorištima u razini odnosno dijelovima mreže gdje se spajaju dvije ili više prometnica, pri čemu se prometni tokovi križaju, prepliću, spajaju ili razdvajaju. Zbog složenosti odvijanja prometnih tokova na područjima cestovnih čvorišta u razini, rješavanje navedenih problema predstavlja pravi izazov. Loše oblikovana rješenja odnosno loša organizacija odvijanja prometnih tokova na raskrižju, dovodi do nastajanja dugih repova čekanja i povećanja vremena kašnjenja, što u konačnici rezultira smanjenjem razine uslužnosti i sigurnosti sudionika u cestovnom prometu.

Predmet ovog diplomskog rada je optimizacija prometnih tokova na raskrižju D306, Ulica Kažimira Zankija, Put Nina i Put Matije Gupca u gradu Zadru. Na navedenom raskrižju, utvrđuju se zagušenja tijekom vršnih vremena, naročito u ljetnom vremenskom periodu, koja se očituju dugim repovima čekanja odnosno vremenima kašnjenja na svim privozima, što uvelike utječe na kvalitetu života u okvirima područja obuhvata.

Svrha ovog diplomskog rada je optimizirati odvijanje prometnih tokova na području obuhvata, što bi rezultiralo povećanjem kvalitete života za same građane i turiste te indirektnim povećanjem društveno ekonomske koristi, kako za sam Grad Zadar tako i za ostala okolna mjesta. Cilj istraživanja je provesti detaljnu analizu postojećeg stanja, kako bi se utvrdili nedostaci na analiziranom području koji negativno utječu na trenutačno odvijanje prometnih tokova, provesti prognozu prometa za određeno vremensko razdoblje te naposljetku predložiti optimalno idejno prometno rješenje, koje bi u skladu s prognoziranom prometnom potražnjom rezultiralo optimizacijom prometnih tokova u smislu povećanja kako propusne moći tako i sigurnosti odvijanja prometnih tokova.

Diplomski rad koncipiran je kroz sedam sljedećih poglavlja:

1. Uvod
2. Definiranje zone obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja
4. Prognoza prometa
5. Prijedlozi idejnih rješenja
6. Evaluacija pojedinih rješenja
7. Zaključak

U uvodnom dijelu, definira se predmet i problematika rada te se navodi i ukratko opisuje sama struktura rada kao i svrha i cilj istraživanja.

Drugo poglavlje, odnosi se na definiranje zone obuhvata odnosno makro i mikro lokacije predmetnog raskrižja. U sklopu ovog poglavlja opisuje se geoprometni položaj predmetnog raskrižja, definiraju se granice područja za koje se predlažu konkretne mjere i zahvati te se navode značajniji sadržaji i objekti tzv. atraktori koji utječu na odvijanje prometnih tokova na području obuhvata.

Kroz treće poglavlje, provodi se analiza postojećeg stanja. U sklopu ovog poglavlja, analizira se prostorno planska dokumentacija, prometna infrastruktura, prometna signalizacija, sigurnost odvijanja prometnih tokova točnije prometne nesreće, preglednost i konfliktne točke, zatim signalni plan semaforškog uređaja, sustav javnog prijevoza putnika i parkirališne površine. Detaljnom analizom svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnih tokova na području obuhvata, nastoje se utvrditi nedostaci i problematika odvijanja prometnih tokova.

Kao četvrto poglavlje, navodi se prognoza prometa. Prognoza prometa provodi se na dva načina, točnije primjenom metode jednakih budućih faktora rasta i primjenom pravca regresije. Buduća prometna potražnja, prognozira se za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. Prognoza prometa temelji se na povijesnim podacima o prometnom opterećenju, prikupljenim s brojačkog mjesta Kožino-4808, pri čemu se kao glavni ulazni parametar koriste podatci o postojećem intenzitetu prometnih tokova, prikupljeni ručnim brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu.

U petom poglavlju, iznose se prijedlozi idejnih rješenja. Predložena idejna rješenja, izrađuju se na temelju zaključaka analize postojećeg stanja i prognoziranu prometnu potražnju, uzimajući u obzir suvremene znanstvene i stručne spoznaje iz područja tehnologije prometa i transporta i to sve u skladu s pravilima struke. Kao prvo idejno rješenje, predlaže se klasično četverokrako semaforizirano raskrižje u razini, dok se kao drugo idejno rješenje predlaže srednje veliko kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika. Za izradu predloženih idejnih rješenja, koristi se računalni programski alat AutoCAD, dok se za provjeru trajektorija provoznosti koristi dodatak prethodno navedenom programskom alatu pod nazivom Vehicle Tracking.

Šesto poglavlje obuhvaća evaluaciju pojedinih rješenja. Za oba predložena rješenja, izrađuju se simulacijski modeli u računalnom programu PTV Vissim, te se evaluiraju izlazni rezultati prethodno navedenih simulacijskih modela. Provedena evaluacija temelji se na propusnoj moći odnosno razini usluge pojedinog rješenja. Razina usluge određuje se prema HCM metodologiji, pri čemu se kao mjera učinka za određivanje razine usluge uzima prosječno vrijeme kašnjenja.

U sedmom ujedno i zadnjem poglavlju, navode se konkretni zaključci o najbitnijim tezama ovog diplomskog rada te se na temelju rezultata provedenog istraživanja odabire optimalno idejno rješenje.

2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA

U ovom poglavlju definirat će se šira zona obuhvata odnosno makro lokacija i uža zona obuhvata tj. mikro lokacija. Zona obuhvata može se definirati kao područje za koje se izrađuje prometna studija tj. područje za koje se vrši prometna analiza i prognoza te predlaže i evaluira idejno rješenje.

2.1. Definiranje šire zone obuhvata

Šira zona obuhvata (makro lokacija) obuhvaća šire područje u okviru kojeg se nalazi promatrano raskrižje tj. čitavo područje na koje će u određenoj mjeri utjecati implementacija predloženog rješenja.

Grad Zadar smještan je na granici između Sjevernog i Srednjeg Jadrana odnosno na zapadnom dijelu Zadarske županije, točnije na 44° 07' 10" sjeverne geografske širine i 15° 13' 59" istočne geografske dužine. Grad Zadar predstavlja ujedno centralnu i najrazvijeniju upravno teritorijalnu jedinicu unutar prostora Zadarske županije. Kopnena površina Grada Zadra iznosi 194,02 četvorna kilometra što čini 5,26 % ukupne površine Zadarske županije.¹

Kao jedinica lokalne samouprave Grad Zadar sastoji se od 15 naselja i 37 mjesnih odbora (četvrti) u okviru kojih se prema popisu stanovništva iz 2011. godine nalazi 75.062 stanovnika, što ga čini petim gradom u Republici Hrvatskoj po broju stanovnika iza Zagreba, Rijeke, Osijeka i Splita. Zadar je u sklopu Županije, centar prvog reda, s najvećom koncentracijom radnih mjesta i centralno-mjesnih funkcija. Prema hijerarhiji i sustavu naselja u Hrvatskoj ima ulogu većeg regionalnog središta kojem gravitira više od 200.000 stanovnika.²

¹ Strategija razvoja grada Zadra, str.12. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Strategija%20razvoja%20grada%20Zadra.pdf> [Pristupljeno: travanj 2021.]

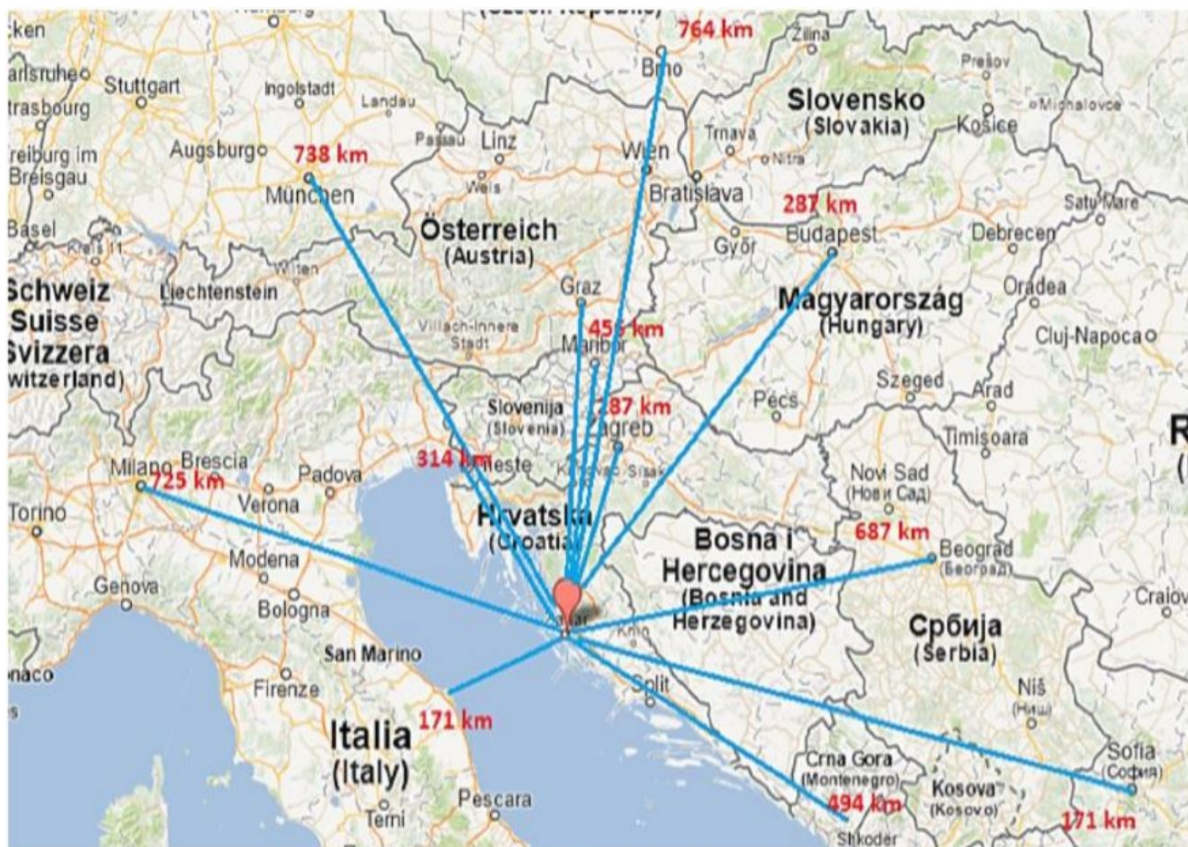
² *Ibid*



Slika 2.1. Položaj Zadarske županije i grada Zadra na karti Hrvatske

Izvor: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/75/Zadarska_%C5%BEupanija_in_Croatia.svg/413px-Zadarska_%C5%BEupanija_in_Croatia.svg.png [Pristupljeno: travanj 2021.]

Grad Zadar ima povoljan geoprometni položaj. Kroz sam grad prolazi državna cesta D8 poznatija još i kao jadranska magistrala koja je ujedno dio gradske ulične mreže, a ujedno i tranzitni koridor kroz sam grad. Na udaljenosti od svega petnaestak kilometara od grada Zadra smještena je autocesta A1 (E71). Grad Zadar ima dva priključka na navedenu autocestu, Zadar 1 (Zapad) i Zadar 2 (Istok). Čvorište Zadar 1 i grad Zadar povezuje državna cesta D8, dok čvorište Zadar 2 povezuje suvremena četverotračna brza cesta tzv. Kalmetina. Prethodno navedena brza cesta povezuje autocestu A1 s državnom cestom D8 na južnom dijelu grada i ulazi u sam centar grada odnosno u trajektnu luku Gaženica. Što se tiče željezničkog prometa, grad Zadar povezan je željezničkom prugom s gradom Kninom koji se nalazi na jednom od glavnih željezničkih koridora Zagreb-Split. Kada je riječ o pomorskom prometu, može se reći kako grad Zadar osim izvrsne povezanosti s otocima zadarskog priobalja ima i jednu međunarodnu brodsku liniju kojom se povezuje s talijanskim gradom Anconom. Što se tiče zračnog prometa, zračna luka Zadar smještena je nedaleko od samog grada u mjestu Zemunik. Zračna luka Zadar povezana je prethodno navedenom brzom cestom tzv. Kalmetinom kako sa samim gradom tako i s autocestom A1. Grad Zadar zahvaljujući zračnoj luci Zadar povezan je s preko 40 europskih gradova. Na slici 2.2. prikazan je geoprometni položaj grada Zadra.



Slika 2.2. Geoprometni položaj grada Zadra

Izvor: <https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Strategija%20razvoja%20grada%20Zadra.pdf> [Pristupljeno: travanj 2021.]

S obzirom na dobru povezanost s državnim prometnim koridorima, povoljan prometno geografski položaj tj. pozicioniranje Zadra na nacionalnoj prometnoj karti čine Zadar jednim od najbolje prometno povezanih gradova u Hrvatskoj. Bez obzira na dobru povezanost grada Zadra s državnim prometnim koridorima, postojeći prometni sustav unutar gradskog područja nije na zadovoljavajućoj razini. Nije ostvaren jedinstveni prometni sustav jer su se pojedine prometne grane razvijale odvojeno, čime je smanjenja učinkovitost prometa u cjelini. Temeljnu uličnu mrežu unutar grada karakterizira nedovoljna propusna moć, naročito u vremenima jutarnjih i poslijepodnevni vršnih opterećenja (posebno u sezoni), kao i ne postojanje sustava cjelovite koordinacije semaforских uređaja.³

³ Strategija razvoja grada Zadra, str. 28. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Strategija%20razvoja%20grada%20Zadra.pdf> [Pristupljeno: travanj 2021.]

Ukupna dužina cestovnih prometnica na području Grada Zadra iznosi oko 203,28 kilometara od čega je⁴:

- državnih cesta – 49,26 km
- županijskih cesta – 34,30 km
- lokalnih cesta – 49,70 km
- nerazvrstanih cesta – oko 70,00 km

U okviru šire zone obuhvata nalazi se jedno od najprometnijih raskrižja u Gradu Zadru koje je ujedno i predmet ovog diplomskog rada. Predmetno raskrižje nalazi se na sjeverno zapadnom dijelu grada odnosno na granici gradskih četvrti Diklo, Puntamika, Brodarica, Vidikovac i Novi Bokanjac. Na slici 2.3. prikazana je šira zona obuhvata (Grad Zadar), dok je crvenim krugom označen položaj navedenog raskrižja.



Slika 2.3. Prikaz makro lokacije predmetnog raskrižja

Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/> [Pristupljeno: travanj 2021.]

⁴ Odluka o razvrstavanju javnih cesta (NN 18/21)

2.2. Definiranje uže zone obuhvata

Uža zona obuhvata (mikro lokacija) obuhvaća uže područje u sklopu kojeg se nalazi promatrano raskrižje tj. prostor raspoloživ za obavljanje zahvata bilo da se radi o rekonstrukciji postojeće prometne infrastrukture ili izgradnji nove u cilju optimizacije prometnih tokova.

Raskrižje D306, Ulica Kažimira Zankija, Put Nina i Put Matije Gupca koje je ujedno i tema ovog diplomskog rada nalazi se na sjeverno-zapadnom dijelu grada Zadra. Predmetno raskrižje predstavlja čvor na gradskoj obilaznici, točnije na državnoj cesti D306 koja povezuje jadransku magistralu odnosno državnu cestu D8, koja je ujedno i glavna veza između grada Zadra i autoceste A1 s najvećim turističkim središtem na Jadranu, otokom Virom. S obzirom na to da se predmetno raskrižje nalazi na samom obodu grada, isto je karakteristično po tome što ono predstavlja glavno ulazno/izlazno čvorište prema prethodno navedenom otoku. Navedenim raskrižjem, osim otoka Vira, s jadranskom magistralom povezana su i gradska turistička središta odnosno četvrti Diklo, Puntamika i Borik. Raskrižje je pozicionirano između gradskih četvrti Novi Bokanjac, Vidikovac, Brodarica, Puntamika i Diklo.

Predmetno raskrižje jedno je od najopterećenijih četverokrakih raskrižja u razini u gradu Zadru. Sastoji se od četiri privoza, od kojih se glavni smjer kretanja proteže od sjevera prema jugu i obrnuto. Sjeverni privoz čini državna cesta D306 koja povezuje otok Vir preko Grada Nina s jadranskom magistralom odnosno D8. Istočni privoz odnosno ulica Kažimira Zankija klasificirana je također kao državna cesta D306 koja ujedno predstavlja i gradsku obilaznicu koja po obodu grada povezuje predmetno raskrižje s državnom cestom D8. Južni privoz čini ulica Put Nina koja predstavlja dio jednog od glavnih uzdužnih prometnih pravaca u gradu Zadru. Ulicom Put Nina povezuje se predmetno raskrižje točnije D306 s jednim od glavnih poprečnih prometnih pravaca odnosno ulicom Put Bokanjca. Zapadni privoz, ulica Put Matije Gupca glavna je prometnica koja povezuje turističke četvrti Diklo, Puntamiku i Borik s predmetnim raskrižjem odnosno gradskom obilaznicom. Navedene prometnice koje formiraju predmetno raskrižje osim gradskog prometa obavljaju funkciju kako prigradskog tako i međugradskog prometa.

U neposrednoj blizini raskrižja nalazi se svega par stambenih jedinica, zato što se raskrižje nalazi na perifernom dijelu grada. U užoj zoni obuhvata nalazi se još i trgovački centar „Plodine“, postaja za opskrbu motornih vozila gorivom „Shell“, trgovina građevinskim materijalom „Tegula“ te samoposlužna autopraonica „Robi“. Uže područje zone obuhvata odnosno mikro lokacija prikazat će se crvenim pravokutnikom na slici 2.4.



Slika 2.4. Prikaz mikro lokacije predmetnog raskrižja

Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/> [Pristupljeno: travanj 2021.]

U nastavku ovog diplomskog rada, sjeverni privoz (D306) označavat će se kao privoz 1, istočni privoz (Ulica Kažimira Zankija) kao privoz 2, južni privoz (Put Nina) kao privoz 3 i zapadni privoz (Put Matije Gupca) kao privoz 4.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza postojećeg stanja⁵ je analiza svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa na širem području zone obuhvata. Proces analiziranja postojećeg stanja u procesu kreiranja prometnih rješenja predstavlja neizostavan element koji je ključ svake kvalitetne prometne studije. Nakon kvalitetno provedene analize postojećeg stanja moguće je donijeti konkretne zaključke o problematici i nedostacima vezanim uz trenutno odvijanje prometnih tokova te na temelju tih spoznaja predložiti idejno prometno rješenje za optimizaciju odvijanja prometnih tokova. Za potrebe kreiranja idejnog prometnog rješenja provodi se detaljna analiza postojećeg stanja, koja se temelji prvenstveno na veličini i raspodjeli postojećeg prometnog opterećenja. Analiza postojećeg stanja u ovom diplomskom radu temelji se na⁶:

- analizi prostorno planske dokumentacije
- analizi prometne infrastrukture
- analizi prometnih tokova
 - intenzitet prometnih tokova
 - struktura prometnih tokova
 - distribucija prometnih tokova
- analizi prometne signalizacije
 - prometni znakovi
 - oznake na kolniku
 - prometa svjetla
- analizi sigurnosti odvijanja prometa
 - broj prometnih nesreća
 - broj konfliktnih točaka
 - preglednost raskrižja
- analizi signalnog plana semaforškog uređaja
- analizi sustava javnog prijevoza putnika
- analizi parkirališnih površina

⁵ Šošarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 27.

⁶ *Ibid*

S obzirom na veliku količinu podataka u okviru analize postojećeg stanja neophodno je ozbiljno pristupiti prikupljanju i obradi istih kako bi se dobili vjerodostojni rezultati na temelju kojih će se predložiti prometno rješenje.



Slika 3.1. Postojeće stanje iz zraka

Izvor: Izradio autor



Slika 3.2. Tlocrt postojećeg stanja - AutoCAD

Izvor: Izradio autor

3.1. Analiza prostorno planske dokumentacije

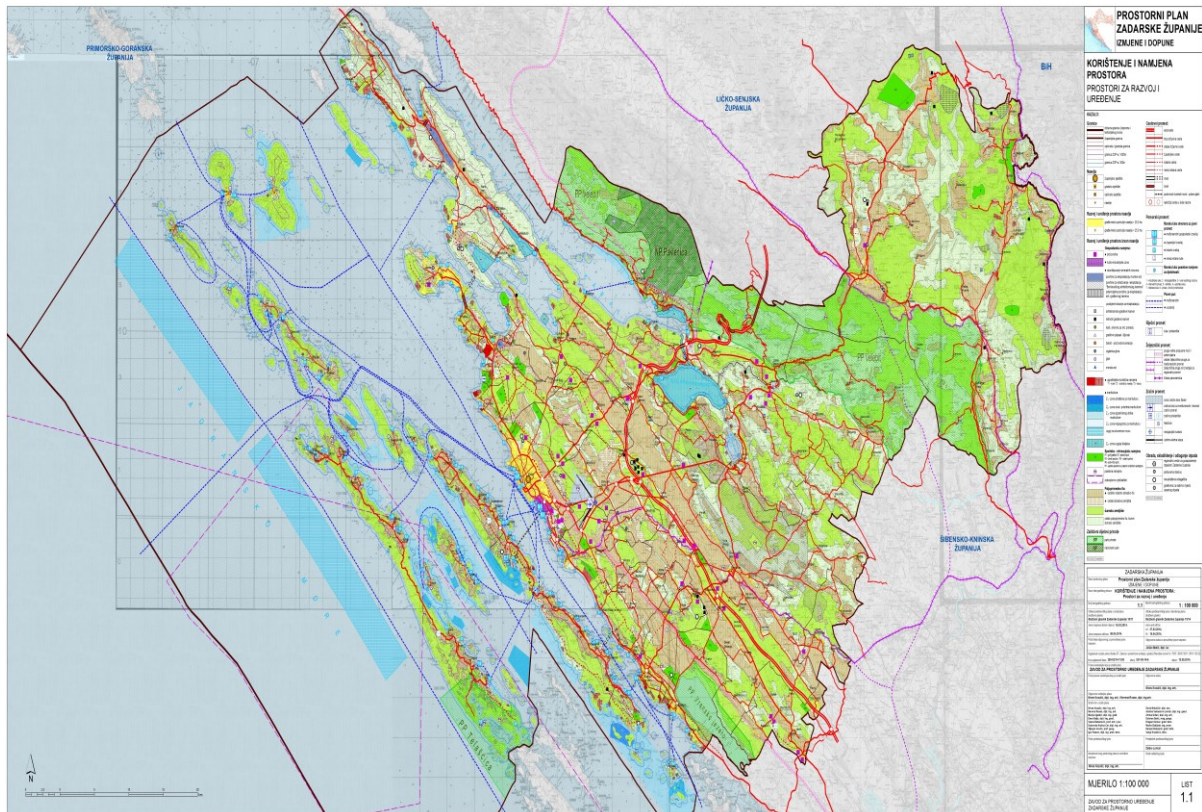
Analiza prostorno planske dokumentacije obuhvaća analizu važećih dokumenata prostornog uređenja te postojećih projekata iz područja prometa. Prilikom izrade prometne studije, vrlo je važno kritički pregledati i analizirati sve važeće planove u svim segmentima koji su u neposrednoj ili posrednoj vezi s prometnim sustavom područja za koje se izrađuje prometna studija. Dokumenti prostornog uređenja sukladno Zakonu o prostornom uređenju mogu se razvrstati prema sljedećim razinama⁷:

- Dokumenti prostornog uređenja na državnoj razini:
 - Strategija prostornog razvoja
 - Program prostornog uređenja Republike Hrvatske
 - Prostorni planovi područja posebnih obilježja (PP)
- Dokumenti prostornog uređenja na regionalnoj razini:
 - Prostorni plan županije (PP)
 - Prostorni plan područja posebnih obilježja (PP)
- Dokumenti prostornog uređenja na lokalnoj razini:
 - Prostorni plan uređenja grada/općine (PPUG)
 - Urbanistički plan uređenja (UPU)
 - Detaljni plan uređenja (DPU)

Prostorni plan Zadarske županije definira⁸ prostorno uređenje Zadarske županije, a polazi od ustrojstva sustava prostornog uređenja i dokumenata prostornog uređenja utvrđenih Zakonom o prostornom uređenju. Prostornim planom Zadarske županije (Slika 3.3.) planira se izgradnja nove cestovne prometnice koja bi povezivala državnu cestu D8 neposredno prije ulaska u sam grad Zadar i državnu cestu D306 netom prije ulaska u grad Nin, čime bi se rasteretila postojeća gradska obilaznica odnosno državna cesta D306 kao i predmetno raskrižje. S obzirom na to da D8 tzv. jadranska magistrala čini jednu od glavnih veza između sjevernog i srednjeg Jadrana, na tom dijelu planira se izgradnja cestovnog čvorišta u dvije razine. Mikro lokacija zone obuhvata definirana je Prostornim planom kao građevinsko područje naselja.

⁷ Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 53-54.

⁸ Prostorni plan Zadarske županije. Preuzeto sa: <https://www.zpu-zadzup.hr/prostorno-uredjenje#1> [Pristupljeno: travanj 2021.]

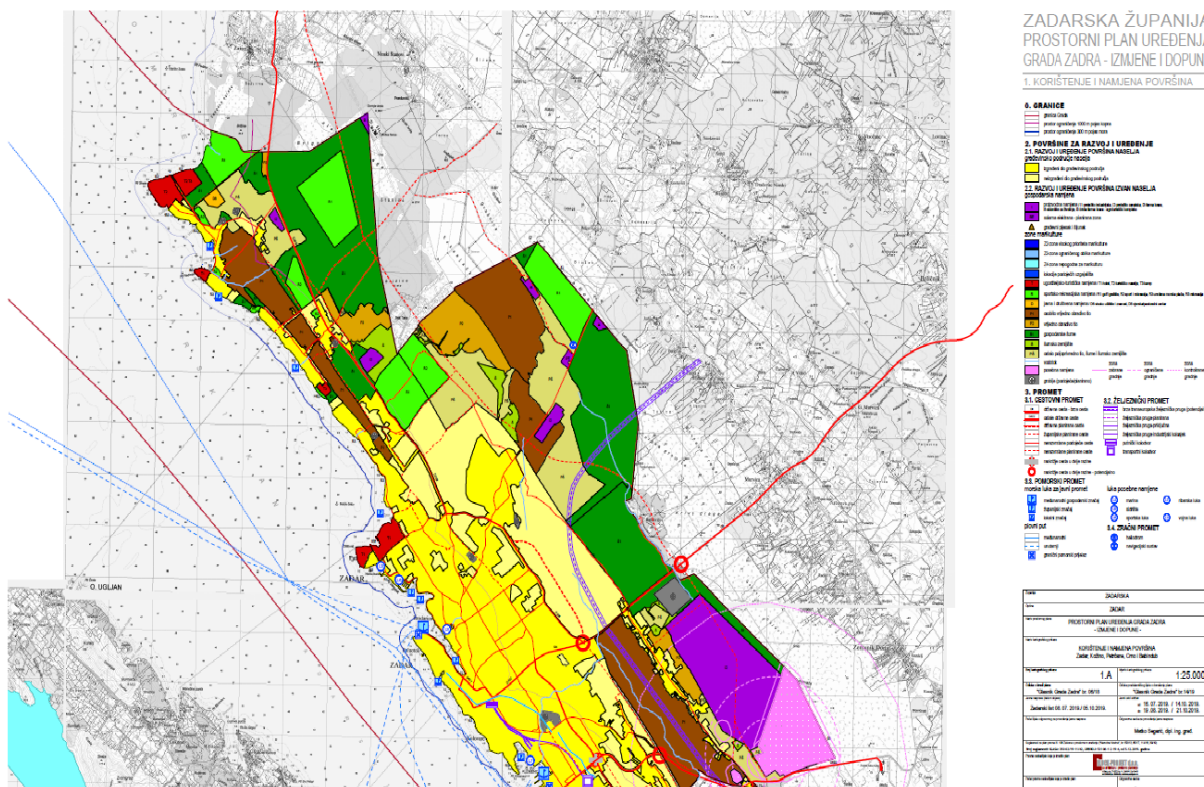


Slika 3.3. Prostorni plan Zadarske županije

Izvor: <https://www.zpu-zadzup.hr/prostorno-uredjenje#1> [Pristupljeno: travanj 2021.]

Prostorni planovi uređenja gradova i općina predstavljaju⁹ temeljne dokumente razvoja lokalne samouprave. Vezano uz predmet istraživanja, Prostornim planom uređenja Grada Zadra (Slika 3.4.) planira se izgradnja novih odnosno povezivanje već postojećih gradskih prometnica koje bi formirale dodatni uzdužni koridor koji bi povezivao državnu cestu D8 (Zagrebačka ulica) s Ulicom Put Nina neposredno prije predmetnog raskrižja. Novi uzdužni koridor povezivao bi sjeverni i južni dio grada protežući se kroz gradske četvrti Bili Brig, Plovanija, Skročini, Vidikovac i Belafuža. Prostornim planom uređenja Grada Zadra također se planira izgradnja nove obilaznice što je prethodno navedeno u sklopu Prostornog plana Zadarske županije. Mikro lokacija zone obuhvata definira se Prostornim planom uređenja Grada Zadra dijelom kao izgrađeni dio građevinskog područja i dijelom kao neizgrađeni dio građevinskog područja. Za predmetno raskrižje ne planiraju se nikakve izmjene s prometnog aspekta u smislu denivelacije raskrižja i sl.

⁹ Prostorni plan Zadarske županije. Preuzeto sa: <https://www.zpu-zadzup.hr/prostorno-uredjenje#1> [Pristupljeno: travanj 2021.]



Slika 3.4. Prostorni plan uređenja Grada Zadra

Izvor: <https://www.grad-zadar.hr/plan/prostorni-plan-uredenja-grada-zadra-173.html> [Pristupljeno: travanj 2021.]

Detaljni plan uređenja je¹⁰ provedbeni plan koji detaljno razrađuje uvjete gradnje i uređenja pojedinog zahvata u prostoru odnosno definira na kojem se području provodi pojedini zahvat te koja je njegova veličina i namjena. Uvidom u Detaljni plan uređenja područja Žmirići u Zadru (Slika 3.5.) uočeno je kako se za predmetno raskrižje planira rekonstrukcija postojećeg četverkrakog raskrižja u razini u smislu izgradnje dodatnih prometnih trakova. U nastavku su navedene planirane izmjene u odnosu na postojeće stanje:

- Privoz 1 (D306):
 - dodavanje prometnog traka za lijeve skretače
- Privoz 2 (Ulica Kažimira Zankija):
 - dodavanje prometnog traka za desne skretače
- Privoz 3 (Put Nina):
 - dodavanjem provoznog prometnog traka
- Privoz 4 (Put Matije Gupca)
 - dodavanje provoznog prometnog traka

¹⁰ Detaljni plan uređenja područja „Žmirići“ u Zadru. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/plan/dpu-podrucja-zmirici-u-zadru-142.html> [Pristupljeno: travanj 2021]

3.2. Analiza prometne infrastrukture

Analiza prometne infrastrukture odnosi se na analizu svih infrastrukturnih elemenata relevantnih za odvijanje prometnih tokova na području zone obuhvata. S obzirom na to da se u užoj zoni obuhvata odvija samo cestovni motorizirani i ne motorizirani promet, analizirat će se isključivo cestovna infrastruktura. Navedena analiza u ovom diplomskog radu temelji se na vizualnom pregledu i mjerenju:

- kolnika,
- pješačkih i biciklističkih staza,
- prometnih otoka,
- prometne signalizacije i
- autobusnih stajališta.

Prilikom analize prometne infrastrukture, poseban naglasak stavlja se na prometnu signalizaciju, stoga će se analiza prometne signalizacije razraditi kao zasebno potpoglavlje.

Predmetno raskrižje je klasično četverokrako raskrižje u razini. Upravljanje prometnim tokovima vrši se pomoću prometnih svjetala odnosno semafora. Glavni prometni tok predstavlja smjer sjever-jug odnosno privozi 1 – 3, dok sporedni tok čine privozi 2 – 4 tj. smjer zapad – istok.

Privoz 1 (D306) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od tri ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,5 m i dužina 70 m), jedan predstavlja provozni prometni trak (širina 3,5 m) i jedan za desne skretače koji je izveden kao posebni prometni trak (širina 3,25 m i dužina 35 m) te jednog izlaznog prometnog traka (širina 3,25 m).

Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 350 m. Privoz se nalazi u blagom usponu od 2% što desnim skretačima iz privoza 2 neznatno otežava uključivanje u glavni prometni tok tj. zahtjeva veću vremensku prazninu za sigurno uključivanje vozila u prometni tok. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 36 m što je dostatno za provoznost mjerodavnog vozila. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 5,5 m od ruba kolnika.

Na ovom privozu pješački prijelaz podijeljen je na dva dijela korištenjem trokutastog prometnog otoka koji odvaja provozni trak od traka za desne skretače. Pješački prijelazi (širina 4 m) jasno su označeni prometnim znakom i oznakama na kolniku. Pješačka staza izvedena je s lijeve strane privoza širine 2 m u dužini od 25 m i s desne strane privoza širine 2 m u dužini od 30 m. Visina rubnjaka iznosi 12 cm. Na nogostupima i otocima za pješake izvedene su kosine koje olakšavaju kretanja osoba s poteškoćama, biciklistima i roditeljima s malom djecom u kolicima. Opremljenost privoza prometnim znakovima i opremom je zadovoljavajuća. Kolnički zastor je dotrajavao i potrebno ga je zamijeniti novim.

U okviru privoza 1 nalazi se postaja za opskrbu motornih vozila gorivom „Shell“. Na izlasku iz prethodno navedene postaje postavljen je prometni znak obavezan smjer kretanja desno, čega se većina vozača ne pridržava pri čemu narušava sigurnost ostalih sudionika u prometu, stoga je prilikom izvedbe idejnog rješenja potrebno osim prometnog znaka postaviti fizičku prepreku u vidu stupića, razdjelnog otoka ili delineatora. Prilikom predlaganja idejnog rješenja potrebno je posebnu pažnju posvetiti prometnoj infrastrukturi za nemotorizirani promet odnosno bicikliste i pješake koji su najranjivija skupina sudionika u cestovnom prometu. Privoz 1 prikazan je na slici 3.6.



Slika 3.6. Privoz 1 – D306

Izvor: Izradio autor

Privoz 2 (Ulica Kažimira Zankija) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od dva ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 2,75 m i dužina 35 m) i jednog zajedničkog provoznog prometnog traka (širina 3,25 m) i traka za desne skretače (širina 5,5 m) te jednog izlaznog prometnog traka (širina 3,25 m).

Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 150 m. Privoz se nalazi u blagom padu od 1%. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 20 m što je dostatno za provoznost mjerodavnog vozila. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 5,5 m od ruba kolnika.

Na ovom privozu pješački prijelaz podijeljen je na dva dijela korištenjem trokutastog prometnog otoka koji odvaja provozni trak od traka za desne skretače. Pješački prijelazi (širina 4 m) jasno su označeni prometnim znakom i oznakama na kolniku. Pješačka staza izvedena je s lijeve (širina 2,5 m) i s desne strane (širina 2 m) čitavom dužinom privoza. Visina rubnjaka iznosi 12 cm. Na nogostupima i otocima za pješake izvedene su kosine koje olakšavaju kretanja osoba s poteškoćama, biciklistima i roditeljima s malom djecom u kolicima. Opremljenost privoza prometnim znakovima i opremom je zadovoljavajuća. Kolnički zastor je dotrajavao i potrebno ga je zamijeniti novim.

U okviru privoza 2 nalazi se trgovački centar „Plodine“. Priključak trgovačkog centra i privoza 2 izveden je kao T raskrižje. Priključak se sastoji od jednog ulaznog prometnog traka širine 3 m i jednog izlaznog prometnog traka širine 3 m. Upravljanje prometnim tokovima regulirano je prometnim znakom. Rubovi kolnika zaobljeni su radijusom 18 m. Navedeni trgovački centar je atraktor koji privlači veliki broj posjetioaca, naročito u ljetnim vremenima, zato što je smješten na izrazito povoljnoj lokaciji za turiste. Prilikom predlaganja idejnog rješenja potrebno je posebnu pažnju posvetiti izvedbi posebnog prometnog traka za desne skretače koji čine najopterećeniji manevar ovog privoza te izvedbi priključka navedenog trgovačkog centra. Privoz 2 prikazan je na slici 3.7.



Slika 3.7. Privoz 2 – Ulica Kažimira Zankija

Izvor: Izradio autor

Privoz 3 (Put Nina) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od tri ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,5 m i dužina 50 m), jedan predstavlja provozni prometni trak (širina 3,5 m) i jedan za desne skretače koji je izveden kao posebni prometni trak (širina 3,25 m i dužina 35 m) te jednog izlaznog prometnog traka (širina 3,5 m).

Navedeni privoz nalazi se u usponu od 4% što desnim skretačima iz privoza 4 olakšava uključivanje u glavni prometni tok. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 23 m što je dostatno za provoznost mjerodavnog vozila. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 5,5 m od ruba kolnika.

Na ovom privozu pješački prijelaz podijeljen je na dva dijela korištenjem trokutastog prometnog otoka koji odvaja provozni trak od traka za desne skretače. Pješački prijelazi (širina 4 m) jasno su označeni prometnim znakom i oznakama na kolniku. Pješačka staza izvedena je s lijeve (širina 2 m) i s desne (širina 2,5 m) strane kolnika čitavom dužinom privoza. Visina rubnjaka iznosi 12 cm. Na nogostupima i otocima za pješake izvedene su kosine koje olakšavaju kretanje osoba s poteškoćama, biciklistima i roditeljima s malom djecom u kolicima.

Opremljenost privoza prometnim znakovima i opremom je zadovoljavajuća. Kolnički zastor je dotrajavao i potrebno ga je zamijeniti novim.

U okviru privoza 3 nalazi se autobusno stajalište namijenjeno za zaustavljanje jednog autobusa. Autobusno stajalište smješteno je na udaljenosti od 20 m nakon završetka zaobljenja ruba kolnika za desne skretače iz privoza 4. Navedeno stajalište dimenzionirano je u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07). Privoz 3 prikazan je na slici 3.8.



Slika 3.8. Privoz 3 – Put Nina

Izvor: Izradio autor

Privoz 4 (Put Matije Gupca) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od dva ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 2,75 m i dužina 50 m) i jednog zajedničkog provoznog prometnog traka (širina 3,25 m) i traka za desne skretače (širina 5,5 m) te jednog izlaznog prometnog traka (širina 3,25 m).

Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 150 m. Privoz se nalazi u blagom padu od 2%. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 12 m što otežava prometovanje mjerodavnog vozila točnije kamiona s prikolicom. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 5,5 m od ruba kolnika.

Na ovom privozu pješački prijelaz podijeljen je na dva dijela korištenjem trokutastog prometnog otoka koji odvaja provozni trak od traka za desne skretače. Pješački prijelazi (širina 4 m) jasno su označeni prometnim znakom i oznakama na kolniku. S lijeve strane privoza odnosno u odlaznom smjeru izvedena je biciklistička staza (širina 1 m) i pješačka staza (širina 1,5 m) dok je s desne strane odnosno u dolaznom smjeru izvedena isključivo pješačka staza (širina 2,5 m). Visina rubnjaka iznosi 12 cm. Na nogostupima i otocima za pješake izvedene su kosine koje olakšavaju kretanje osoba s poteškoćama, biciklistima i roditeljima s malom djecom u kolicima. Opremljenost privoza prometnim znakovima i opremom je zadovoljavajuća. Kolnički zastor je dotrajao i potrebno ga je zamijeniti novim.

U okviru privoza 4 nalazi se autobusno stajalište namijenjeno za zaustavljanje jednog autobusa. Autobusno stajalište smješteno je u odlaznom smjeru na udaljenosti od 350 m. Navedeno stajalište dimenzionirano je u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07). Privoz 4 prikazan je na slici 3.9.



Slika 3.9. Privoz 4 – Put Matije Gupca

Izvor: Izradio autor

3.3. Analiza prometnih tokova

Analiza prometnih tokova temelji se na brojanju prometa te ona predstavlja osnovu za analizu postojećeg stanja. Brojanjem prometa na analiziranom području dobije se stvarna slika o prometnim zahtjevima unutar analizirane zone koja daje informacije poput intenziteta, distribucije, strukture prometnih tokova i sl. Navedeni podaci dobiveni brojanjem prometa smatraju se jednim od glavnih ulaznih podataka za prometno tehnološko projektiranje.¹¹

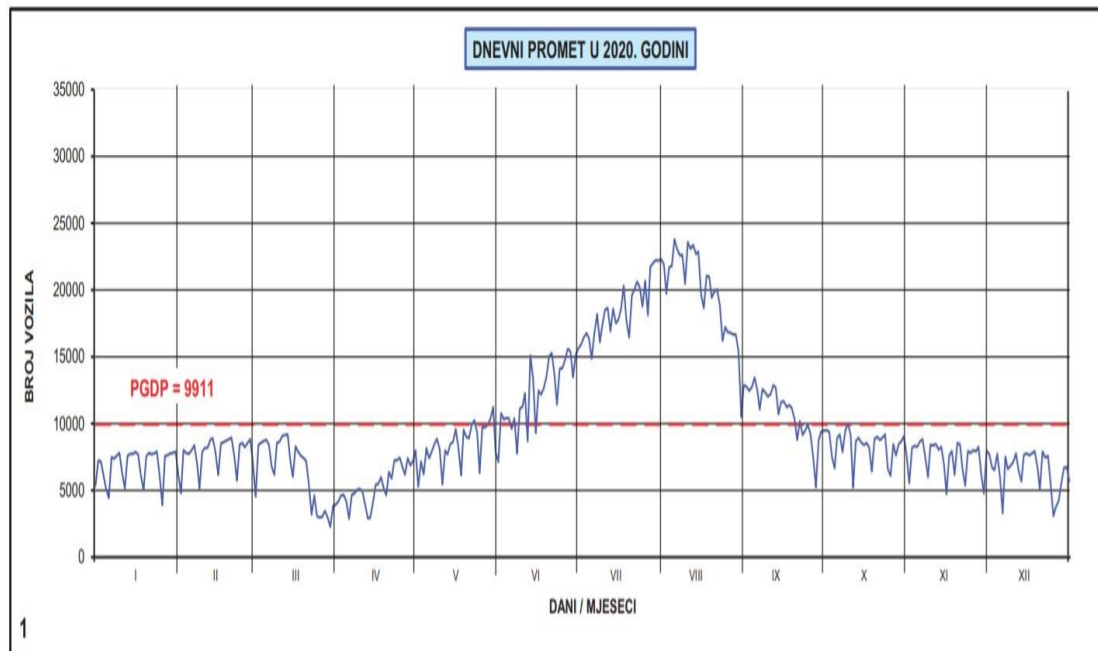
U osnovi postoje dvije metode brojanja prometa, statičko i dinamičko brojanje prometa. Statičko brojanje prometa je takav tip kod kojeg se broje vozila koja u određenoj jedinici vremena prođu kroz promatrani presjek ceste. Ova metoda najčešće se koristi za projektiranje prometnica i raskrižja. Dinamičko brojanje prometa definira se kao brojanje prometnih tokova, odnosno utvrđivanje jačine i smjera prometnih tokova. Glavna zadaća ovog tipa brojanja prometa je utvrđivanje izvora i cilja pojedinih prometnih tokova i najčešće se primjenjuje za potrebe modeliranja i planiranja u cestovnom prometu. Brojanje prometa može se provoditi na dva načina, ručno i automatski. Odabir između ručnog ili automatskog načina brojanja prometa prvenstveno ovisi o potrebnim informacijama, raspoloživim financijskim sredstvima, duljini trajanja brojanja prometa i sl.¹²

U ovom diplomskom radu koristit će se metoda statičkog brojanja prometa s obzirom na to da je predmet ovog diplomskog rada optimizacija prometnih tokova na području raskrižja. Zbog što preciznije analize prometnih tokova, brojanje prometa vršit će se tako da će se prometni tokovi snimati kamerom te će se potom obrađivati prethodno snimljeni videozapis. Ovaj način brojanja odabran je zbog velikog opterećenja na predmetnom raskrižju koje je jako teško popratiti ručnim bilježenjem vozila na brojački listić u stvarnom vremenu.

U cilju dobivanja što reprezentativnijeg uzorka analizirat će se podaci o brojanju prometa na cestama Republike Hrvatske koje provode Hrvatske ceste d.o.o. kako bi se što preciznije odredilo vremensko razdoblje u kojem će se obaviti brojanje prometa. Analizirat će se podaci s brojačkog mjesta 4808 koje se nalazi na državnoj cesti D306 u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja u mjestu Kožino.

¹¹ Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 30.

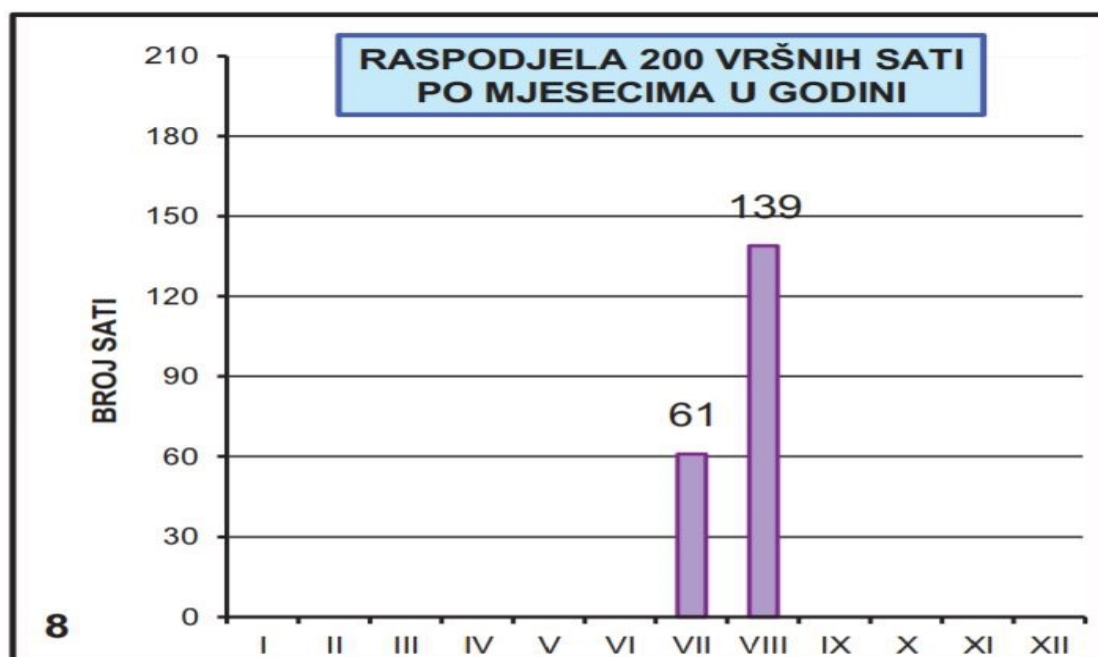
¹² Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 75-76.



Grafikon 3.1. Dnevni promet na brojačkom mjestu (Kožino-4808) u 2020. godini

Izvor: <https://hrvatske-cestce.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

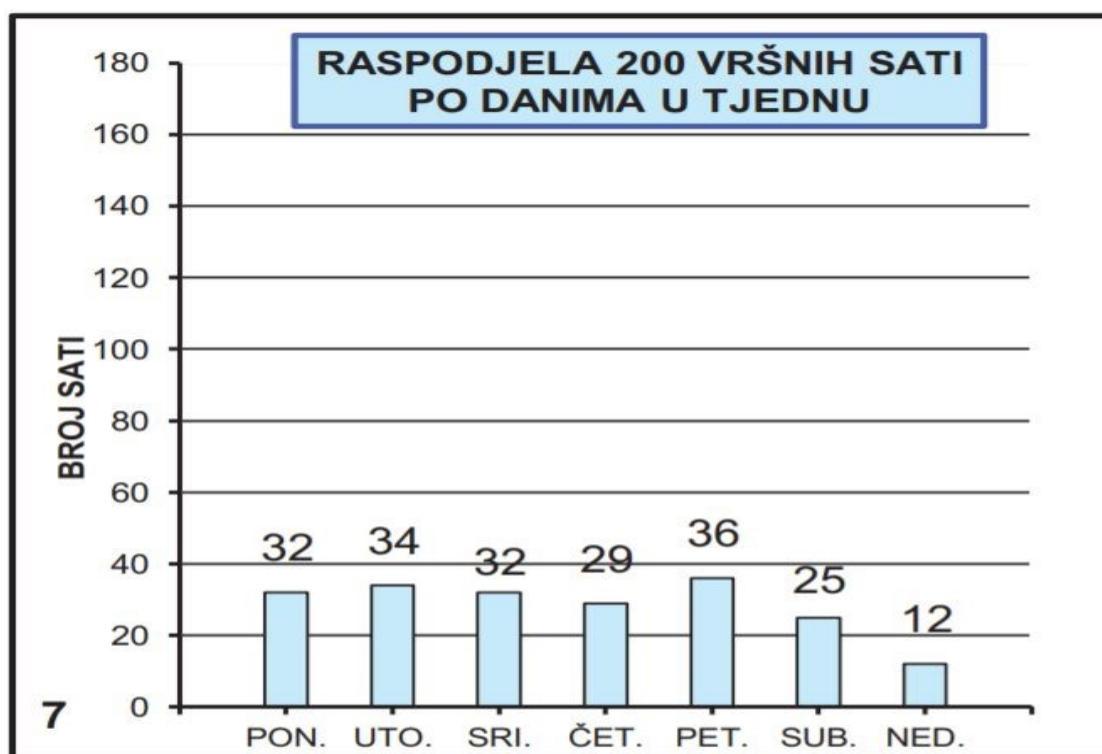
Iz grafikona 3.1. vidi se kako je dnevno prometno opterećenje u 2020. godini najveće za vrijeme sezone odnosno od sredine mjeseca srpnja do sredine mjeseca kolovoza.



Grafikon 3.2. Raspodjela 200 najopterećenijih vršnih sati po mjesecima u godini

Izvor: <https://hrvatske-cestce.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

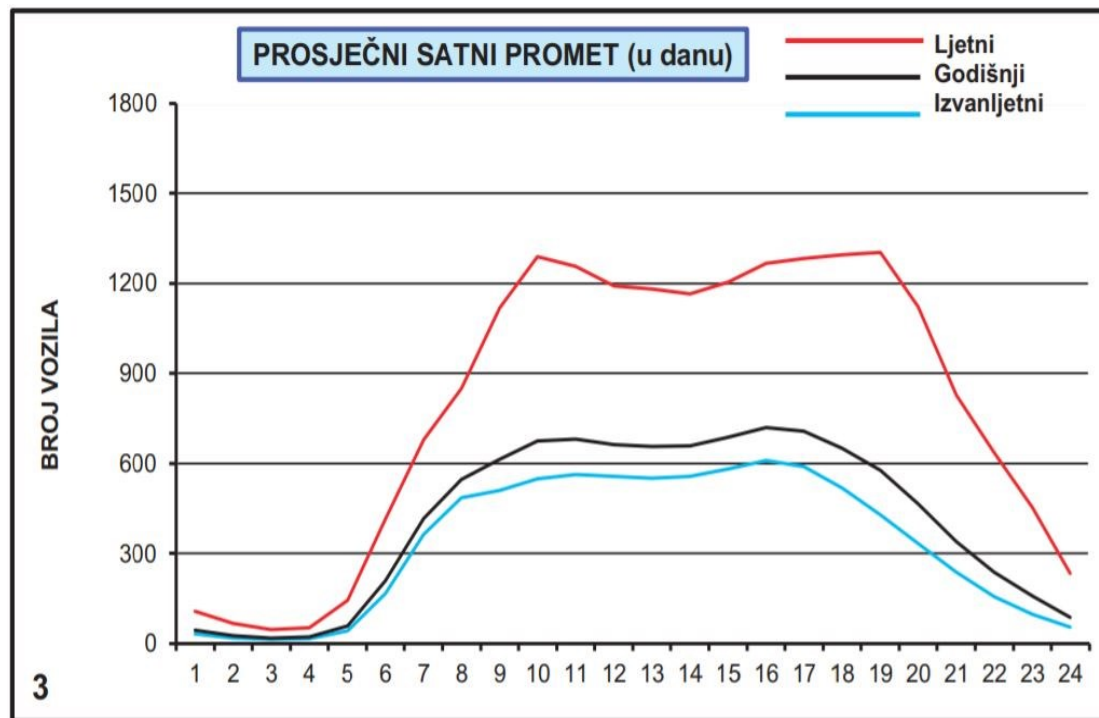
U grafikonu 3.2. prikazuje se raspodjela 200 vršnih sati po mjesecima u 2020. godini. Mjerodavnim prometnim opterećenjem prilikom prometno tehnološkog projektiranja u cestovnom prometu smatra se opterećenje u rasponu od 30-og pa danas i sve do 200-og najopterećenijeg sata u godini. Prilikom projektiranja važno je što preciznije odrediti mjerodavno prometno opterećenje kako u jednu ruku ne bi došlo do predimenzioniranja zahvata što bi za posljedicu imalo nepotrebne troškove i ne iskorištenost kapaciteta, a u drugu ruku do poddimenzioniranja što bi rezultiralo ne dovoljnom razinom usluge. Iz navedenog grafikona vidljivo je kako se u mjesecu kolovozu na analiziranom području ostvarilo 139 od 200 najopterećenijih sati u 2020. godini što ukazuje na to da je predmetno raskrižje najopterećenije tijekom mjeseca kolovoza. Prema prethodno utvrđenim saznanjima, za potrebe ovog diplomskog rada brojanje prometa vršit će se u mjesecu kolovozu.



Grafikon 3.3. Raspodjela 200 najopterećenijih vršnih sati po danima u tjednu

Izvor: <https://hrvatske-cestce.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojanje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

U grafikonu 3.3. prikazuje se raspodjela 200 vršnih sati po danima u tjednu zabilježenih na analiziranom brojaču u 2020. godini. Iz navedenog grafikona je vidljivo kako se najveći broj vršni sati ostvari petkom, stoga će se za brojanje prometa odabrati dan petak u mjesecu kolovozu.



Grafikon 3.4. Prosječni satni promet u danu

Izvor: <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

U grafikonu 3.4. prikazuje se prosječni satni promet u danu. S obzirom na to da se problem na predmetnom raskrižju pojavljuje za vrijeme sezone odnosno u ljetnim mjesecima, kao mjerodavni prosječni satni promet uzet će se ljetni prosječni satni promet koji je na grafikonu prikazan crvenom krivuljom. Iz navedenog grafikona da se iščitati kako je tijekom dana u prosjeku najviše prometno opterećen deseti sat odnosno razdoblje od 10:00 h do 11:00 h i devetnaesti sat odnosno razdoblje od 19:00 h do 20:00 h. Prema navedenom grafikonu, brojanje prometa obaviti će se u razdoblju od 10:00 h do 11:00 h i od 19:00 h do 20:00 h.

Nakon provedene analize podataka o prometnom opterećenju s brojačkog mjesta Kožino-4808 dolazi se do zaključka da je potrebno izvršiti brojanje prometa u mjesecu kolovozu, dan petak, u dva karakteristična vršna sata, jutarnji vršni sat od 10:00 h do 11:00 h i poslijepodnevni vršni sat od 19:00 h do 20:00 h. Karakteristični vršni sati podijeliti će se u 15-minutne intervale kako bi se za potrebe ostalih analiza mogla izračunati vremenska neravnomjernost prometnog opterećenja unutar vršnog sata tzv. faktor vršnog sata. Prilikom odabira razdoblja za brojanje prometa vrlo je važno voditi računa da vremenski uvjeti budu povoljni za nesmetano odvijanje prometnih tokova kao i to da na odvijanje prometnih tokova ne utječu neki drugi događaji poput radova na cesti, važni društveno kulturni događaji i sl.

Prometni tokovi u stvarnosti sačinjeni su od različitih vrsta vozila. Prometni tok sastavljen od dvije ili više vrsta vozila naziva se nehomogeni ili mješoviti prometni tok. Nehomogeni tok potrebno je pretvoriti u uvjetno homogeni tok koji je ujedno i mjerodavan prometni tok za prometno tehnološko projektiranje. Kako bi se napravila prethodno naveden pretvorba potrebno je pojedine vrste vozila množiti s ekvivalentnom jedinicom osobnih automobila EJA. Veličina ekvivalenta je u funkciji vrste vozila, dužine vozila, vozno-dinamičkih karakteristika vozila, karakteristika puta i sl.¹³

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, vozila će se svrstati u pet skupina. Ekvivalentne jedinice osobnih automobila za svaku skupinu vozila prikazuju se u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Ekvivalentne jedinice osobnih automobila za pojedine skupine vozila

KATEGORIJA	Koeficijent za pretvaranje broja vozila u EJA
Osobni automobil (OA)	1,0
Lako teretno vozilo (LT)	2,0
Teško teretno vozilo (TV)	3,0
Autobus (BUS)	2,5
Motocikl (MOT)	0,5

Izvor: Obrada više autora

U sklopu analize prometnih tokova, za potrebe izrade ovog diplomskog rada, provede će se statičko brojanje prometa na analiziranom raskrižju u jutarnjem vršnom satu od 10:00 h do 11:00 h i u poslijepodnevnom vršnom satu od 19:00 h do 20:00 h na dan 6. kolovoza 2021. godine. Važno je napomenuti kako će se brojati samo motorizirani sudionici u cestovnom prometu zato što se predmetno raskrižje nalazi na perifernom dijelu grada gdje je udio nemotoriziranih sudionika izrazito malen te kao takav ne utječe u znatnoj mjeri na odvijanje motoriziranog prometa. U nastavku će se tablično i grafički prikazati rezultati brojanja prometa posebno za jutarnji i posebno za poslijepodnevni vršni sat.

¹³ Dadić, I., Kos, G., Ševrović, M.: Teorija prometnog toka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.,str. 30-32.

Tablica 3.2. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 1

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	1 - 2	0' - 15'	94	3	2	1	3	
		15' - 30'	92	5	1	0	2	
		30' - 45'	97	6	3	0	1	
		45 - 60'	101	7	2	0	3	
		Ukupno	384	21	8	1	9	
		Udio	90,78%	4,96%	1,89%	0,24%	2,13%	
		EJA	384	42	24	2,5	4,5	
	Sveukupno vozila		423					
	Sveukupno EJA		457					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	1 - 3	0' - 15'	71	7	1	1	3	
		15' - 30'	85	3	0	2	2	
		30' - 45'	81	4	2	1	4	
		45 - 60'	91	5	1	1	1	
		Ukupno	328	19	4	5	10	
		Udio	89,62%	5,19%	1,09%	1,37%	2,73%	
		EJA	328	38	12	12,5	5	
	Sveukupno vozila		366					
	Sveukupno EJA		395,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	1 - 4	0' - 15'	15	1	0	0	1	
		15' - 30'	13	0	0	0	0	
		30' - 45'	10	0	0	1	0	
		45 - 60'	18	1	0	0	2	
		Ukupno	56	2	0	1	3	
		Udio	90,32%	3,23%	0,00%	1,61%	4,84%	
		EJA	56	4	0	2,5	1,5	
	Sveukupno vozila		62					
	Sveukupno EJA		64					

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.2. je vidljivo kako u sklopu privoza 1, u jutarnjem vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 851 vozila/h odnosno 916,5 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja skreću lijevo u privoz 2, a najmanji dio na vozila koja skreću desno u privoz 4. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 1, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 90,25%, a potom slijede teretna vozila sa 6,34%, motocikli sa 2,59% i naposljetku autobusi sa 0,82%.

Tablica 3.3. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 2

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	2 - 1	0' - 15'	116	8	1	0	2	
		15' - 30'	106	7	2	1	0	
		30' - 45'	108	10	1	0	3	
		45 - 60'	119	9	0	0	1	
		Ukupno	449	34	4	1	6	
		Udio	90,89%	6,88%	0,81%	0,20%	1,21%	
		EJA	449	68	12	2,5	3	
	Sveukupno vozila		494					
	Sveukupno EJA		534,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	2 - 3	0' - 15'	22	1	0	0	3	
		15' - 30'	26	2	0	0	1	
		30' - 45'	24	1	1	0	0	
		45 - 60'	28	1	0	0	2	
		Ukupno	100	5	1	0	6	
		Udio	89,29%	4,46%	0,89%	0,00%	5,36%	
		EJA	100	10	3	0	3	
	Sveukupno vozila		112					
	Sveukupno EJA		116					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	2 - 4	0' - 15'	56	3	0	0	3	
		15' - 30'	41	6	0	2	1	
		30' - 45'	50	3	1	0	0	
		45 - 60'	58	4	0	0	2	
		Ukupno	205	16	1	2	6	
		Udio	89,13%	6,96%	0,43%	0,87%	2,61%	
		EJA	205	32	3	5	3	
	Sveukupno vozila		230					
	Sveukupno EJA		248					

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.3. je vidljivo kako u sklopu privoza 2, u jutarnjem vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 836 vozila/h odnosno 898,5 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja skreću desno u privoz 1, a najmanji dio na vozila koja skreću lijevo u privoz 3. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 2, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 90,19%, a potom slijede teretna vozila sa 7,30%, motocikli sa 2,15% i naposljetku autobusi sa 0,36%.

Tablica 3.4. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 3

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	3 - 1	0' - 15'	63	5	2	1	2	
		15' - 30'	60	2	0	0	1	
		30' - 45'	52	3	0	0	0	
		45 - 60'	59	4	1	0	3	
		Ukupno	234	14	3	1	6	
		Udio	90,70%	5,43%	1,16%	0,39%	2,33%	
		EJA	234	28	9	2,5	3	
	Sveukupno vozila		258					
	Sveukupno EJA		276,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	3 - 2	0' - 15'	20	2	1	0	0	
		15' - 30'	25	1	1	0	2	
		30' - 45'	31	0	0	0	0	
		45 - 60'	28	2	0	0	1	
		Ukupno	104	5	2	0	3	
		Udio	91,23%	4,39%	1,75%	0,00%	2,63%	
		EJA	104	10	6	0	1,5	
	Sveukupno vozila		114					
	Sveukupno EJA		121,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	3 - 4	0' - 15'	12	0	0	0	2	
		15' - 30'	15	2	0	0	1	
		30' - 45'	22	1	1	0	0	
		45 - 60'	18	0	0	1	1	
		Ukupno	67	3	1	1	4	
		Udio	88,16%	3,95%	1,32%	1,32%	5,26%	
		EJA	67	6	3	2,5	2	
	Sveukupno vozila		76					
	Sveukupno EJA		80,5					

Izvor: Izradio autor

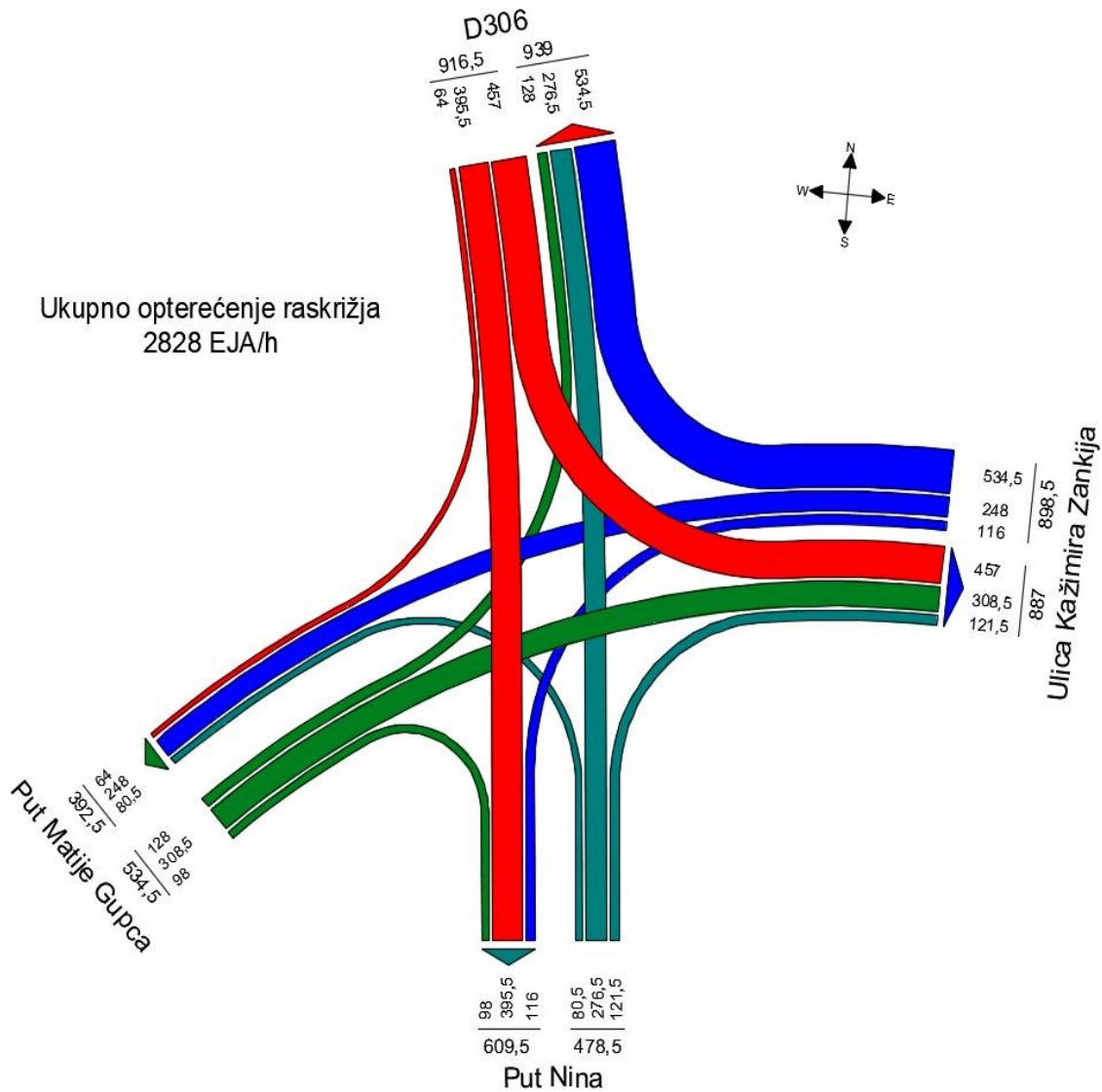
Iz tablice 3.4. je vidljivo kako u sklopu privoza 3, u jutarnjem vršnom satu prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 448 vozila/h odnosno 478,5 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema privozu 1, a najmanji dio na vozila koja skreću lijevo u privoz 4. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 3, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 90,40%, a potom slijede teretna vozila sa 6,25%, motocikli sa 2,90% i naposljetku autobusi sa 0,45%.

Tablica 3.5. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 4

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	4 - 1	0' - 15'	23	2	0	0	5	
		15' - 30'	30	1	1	0	1	
		30' - 45'	26	0	0	1	0	
		45 - 60'	32	1	0	0	1	
		Ukupno	111	4	1	1	7	
		Udio	89,52%	3,23%	0,81%	0,81%	5,65%	
		EJA	111	8	3	2,5	3,5	
	Sveukupno vozila		124					
	Sveukupno EJA		128					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	4 - 2	0' - 15'	68	3	1	0	3	
		15' - 30'	71	1	0	1	5	
		30' - 45'	65	4	1	0	2	
		45 - 60'	69	2	0	0	4	
		Ukupno	273	10	2	1	14	
		Udio	91,00%	3,33%	0,67%	0,33%	4,67%	
		EJA	273	20	6	2,5	7	
	Sveukupno vozila		300					
	Sveukupno EJA		308,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
10:00 - 11:00	4 - 3	0' - 15'	19	1	0	0	2	
		15' - 30'	24	0	0	0	0	
		30' - 45'	22	0	0	0	3	
		45 - 60'	26	1	0	0	1	
		Ukupno	91	2	0	0	6	
		Udio	91,92%	2,02%	0,00%	0,00%	6,06%	
		EJA	91	4	0	0	3	
	Sveukupno vozila		99					
	Sveukupno EJA		98					

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.5. je vidljivo kako u sklopu privoza 4, u jutarnjem vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 523 vozila/h odnosno 534,5 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema privozu 2, a najmanji dio na vozila koja skreću desno u privoz 3. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 4, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 90,82%, a potom slijede motocikli sa 5,16%, teretna vozila sa 3,64% i naposljetku autobusi sa 0,38%.



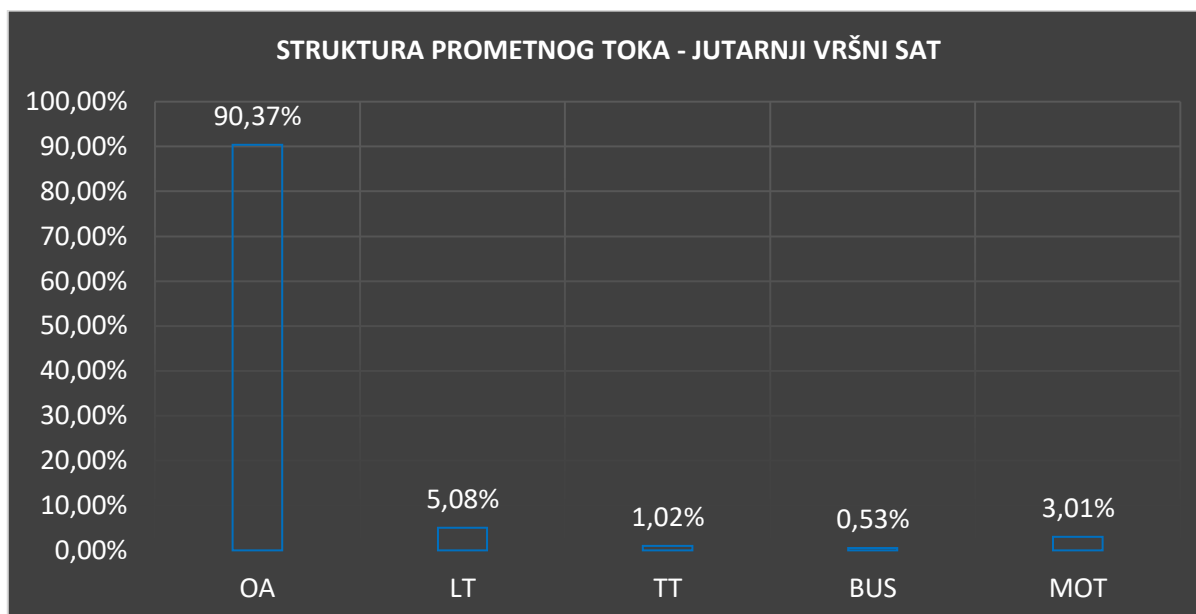
Slika 3.10. Intenzitet i distribucija prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu

Izvor: Izradio autor

Na slici 3.10. grafički se prikazuje intenzitet i distribucija prometnih tokova po pojedinim smjerovima u jutarnjem vršnom satu. Vidljivo je kako ukupno prometno opterećenje predmetnog raskrižja za jutarnji vršni sat iznosi 2658 voz/h odnosno 2828 EJA/h. Prometna opterećenja pojedinih privoza od najvećeg do najmanjeg navode se u nastavku:

- Privoz 1 (D306) – 1727 voz/h (1855,5 EJA/h)
- Privoz 2 (Ulica Kažimira Zankija) – 1673 voz/h (1785,5 EJA/h)
- Privoz 3 (Put Nina) – 1025 voz/h (1088 EJA/h)
- Privoz 4 (Put Matije Gupca) – 891 voz/h (927 EJA/h)

Iz prethodno navedene slike vidi se kako je najveća prometna potražnja za manevre 2-1, 1-2 i 1-3. Manevre 2-1 i 1-2 obavljaju vozila koja se kreću gradskom obilaznicom odnosno državnom cestom D306 i nastavljaju kretanje prema otoku Viru i obratno. Kao što je već navedeno, državna cesta D306 spaja otok Vir preko predmetnog raskrižja s državnom cestom D8 tzv. jadranskom magistralom koja predstavlja glavni tranzitni koridor kroz grad Zadar. Manevar 1-3 obavljaju vozila koja se kreću iz smjera otoka Vira prema centru grada Zadra.



Grafikon 3.5. Struktura prometnog toka za jutarnji vršni sat

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 3.5. prikazuje se struktura prometnog toka za predmetno raskrižje u jutarnjem vršnom satu. Za izradu ovog grafikona koristili su se podaci sveukupnog broja vozila koja su prošla raskrižjem u jutarnjem vršnom satu. Najveći udio u prometnom toku čine osobni automobili s udjelom od 90,37%. Osobne automobile slijede laka teretna vozila u koja spadaju kombi vozila i manji teretni kamioni s udjelom od 5,08%, zatim motocikli s udjelom od 3,01%. Nakon motocikla slijede teška teretna vozila u koja spadaju kamioni s prikolicom i tegljači s poluprikolicom s udjelom od 1,02% i naposljetku autobusi s najmanjim udjelom u iznosu od 0,53%.

Tablica 3.6. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 1

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	1 - 2	0' - 15'	95	3	1	0	2	
		15' - 30'	99	5	1	1	4	
		30' - 45'	103	3	0	0	1	
		45 - 60'	95	2	0	0	2	
		Ukupno	392	13	2	1	9	
		Udio	94,00%	3,12%	0,48%	0,24%	2,16%	
		EJA	392	26	6	2,5	4,5	
	Sveukupno vozila		417					
	Sveukupno EJA		431					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	1 - 3	0' - 15'	110	4	0	1	4	
		15' - 30'	112	3	1	0	2	
		30' - 45'	108	1	0	0	5	
		45 - 60'	105	3	1	2	3	
		Ukupno	435	11	2	3	14	
		Udio	93,55%	2,37%	0,43%	0,65%	3,01%	
		EJA	435	22	6	7,5	7	
	Sveukupno vozila		465					
	Sveukupno EJA		477,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	1 - 4	0' - 15'	21	0	0	0	3	
		15' - 30'	24	1	0	0	0	
		30' - 45'	29	1	0	0	0	
		45 - 60'	22	0	0	0	2	
		Ukupno	96	2	0	0	5	
		Udio	93,20%	1,94%	0,00%	0,00%	4,85%	
		EJA	96	4	0	0	2,5	
	Sveukupno vozila		103					
	Sveukupno EJA		102,5					

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.6. je vidljivo kako u sklopu privoza 1, u poslijepodnevnom vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 985 vozila/h odnosno 1011 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema privozu 3, a najmanji dio na vozila koja skreću desno u privoz 4. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 1, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 93,71%, a potom slijede teretna vozila sa 3,04%, motocikli sa 2,84% i naposljetku autobusi sa 0,41%.

Tablica 3.7. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 2

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	2 - 1	0' - 15'	79	3	1	0	2	
		15' - 30'	84	2	0	1	4	
		30' - 45'	83	5	0	0	1	
		45 - 60'	77	3	1	0	3	
		Ukupno	323	13	2	1	10	
		Udio	92,55%	3,72%	0,57%	0,29%	2,87%	
		EJA	323	26	6	2,5	5	
	Sveukupno vozila		349					
	Sveukupno EJA		362,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	2 - 3	0' - 15'	21	0	0	0	1	
		15' - 30'	25	1	0	0	2	
		30' - 45'	24	0	0	0	0	
		45 - 60'	26	1	0	0	1	
		Ukupno	96	2	0	0	4	
		Udio	94,12%	1,96%	0,00%	0,00%	3,92%	
		EJA	96	4	0	0	2	
	Sveukupno vozila		102					
	Sveukupno EJA		102					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	2 - 4	0' - 15'	59	1	1	0	3	
		15' - 30'	54	2	0	0	2	
		30' - 45'	64	1	0	1	2	
		45 - 60'	57	3	0	0	1	
		Ukupno	234	7	1	1	8	
		Udio	93,23%	2,79%	0,40%	0,40%	3,19%	
		EJA	234	14	3	2,5	4	
	Sveukupno vozila		251					
	Sveukupno EJA		257,5					

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.7. je vidljivo kako u sklopu privoza 2, u poslijepodnevnom vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 702 vozila/h odnosno 722 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja skreću desno u privoz 1, a najmanji dio na vozila koja skreću lijevo u privoz 3. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 2, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 93,02%, a potom slijede teretna vozila sa 3,57%, motocikli sa 3,13% i naposljetku autobusi sa 0,28%.

Tablica 3.8. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 3

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	3 - 1	0' - 15'	42	2	0	0	1	
		15' - 30'	45	1	0	0	3	
		30' - 45'	40	2	1	0	2	
		45 - 60'	52	1	0	1	1	
		Ukupno	179	6	1	1	7	
		Udio	92,27%	3,09%	0,52%	0,52%	3,61%	
		EJA	179	12	3	2,5	3,5	
	Sveukupno vozila		194					
	Sveukupno EJA		200					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	3 - 2	0' - 15'	16	0	1	0	0	
		15' - 30'	14	1	0	0	2	
		30' - 45'	17	0	0	0	1	
		45 - 60'	12	1	0	0	0	
		Ukupno	59	2	1	0	3	
		Udio	90,77%	3,08%	1,54%	0,00%	4,62%	
		EJA	59	4	3	0	1,5	
	Sveukupno vozila		65					
	Sveukupno EJA		67,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	3 - 4	0' - 15'	19	1	0	1	1	
		15' - 30'	15	0	0	0	0	
		30' - 45'	13	1	0	0	1	
		45 - 60'	18	0	0	0	0	
		Ukupno	65	2	0	1	2	
		Udio	92,86%	2,86%	0,00%	1,43%	2,86%	
		EJA	65	4	0	2,5	1	
	Sveukupno vozila		70					
	Sveukupno EJA		72,5					

Izvor: Izradio autor

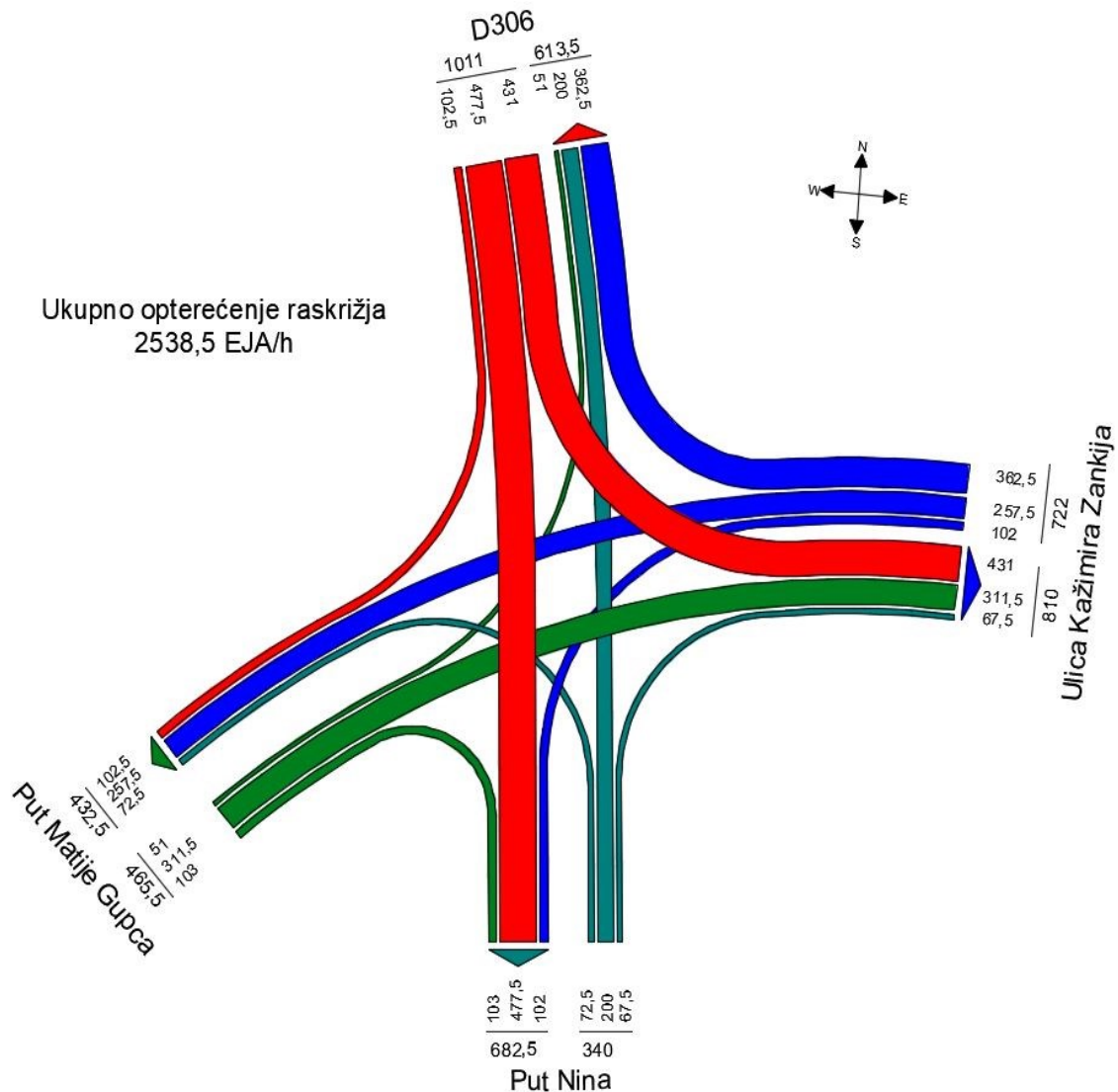
Iz tablice 3.8. je vidljivo kako u sklopu privoza 3, u poslijepodnevnom vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 329 vozila/h odnosno 340 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema privozu 1, a najmanji dio na vozila koja skreću desno u privoz 2. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 3, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 92,10%, a potom slijede motocikli sa 3,65%, teretna vozila sa 3,64% i naposljetku autobusi sa 0,61%.

Tablica 3.9. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 4

VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	4 - 1	0' - 15'	12	0	0	0	1	
		15' - 30'	9	1	0	0	0	
		30' - 45'	14	0	0	0	0	
		45 - 60'	13	0	0	0	1	
		Ukupno	48	1	0	0	2	
		Udio	94,12%	1,96%	0,00%	0,00%	3,92%	
		EJA	48	2	0	0	1	
	Sveukupno vozila		51					
	Sveukupno EJA		51					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	4 - 2	0' - 15'	72	1	1	0	2	
		15' - 30'	66	3	0	1	3	
		30' - 45'	69	2	1	0	4	
		45 - 60'	75	2	0	0	1	
		Ukupno	282	8	2	1	10	
		Udio	93,07%	2,64%	0,66%	0,33%	3,30%	
		EJA	282	16	6	2,5	5	
	Sveukupno vozila		303					
	Sveukupno EJA		311,5					
VRIJEME	MANEVAR	15' INTERVAL	OA	LT	TT	BUS	MOT	
19:00 - 20:00	4 - 3	0' - 15'	24	1	0	0	1	
		15' - 30'	27	0	0	0	2	
		30' - 45'	22	1	0	0	2	
		45 - 60'	23	0	0	0	1	
		Ukupno	96	2	0	0	6	
		Udio	92,31%	1,92%	0,00%	0,00%	5,77%	
		EJA	96	4	0	0	3	
	Sveukupno vozila		104					
	Sveukupno EJA		103					

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.9. je vidljivo kako u sklopu privoza 4, u poslijepodnevnom vršnom satu, prometno opterećenje vozila koja ulaze u raskrižje iznosi 458 vozila/h odnosno 465,5 EJA/h, od čega se najveći dio odnosi na vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema privozu 2, a najmanji dio na vozila koja skreću lijevo u privoz 1. Što se tiče strukture prometnog toka na privozu 4, najzastupljenija su osobna vozila s udjelom od 93,01%, a potom slijede motocikli sa 3,93%, teretna vozila sa 2,84% i naposljetku autobusi sa 0,22%.



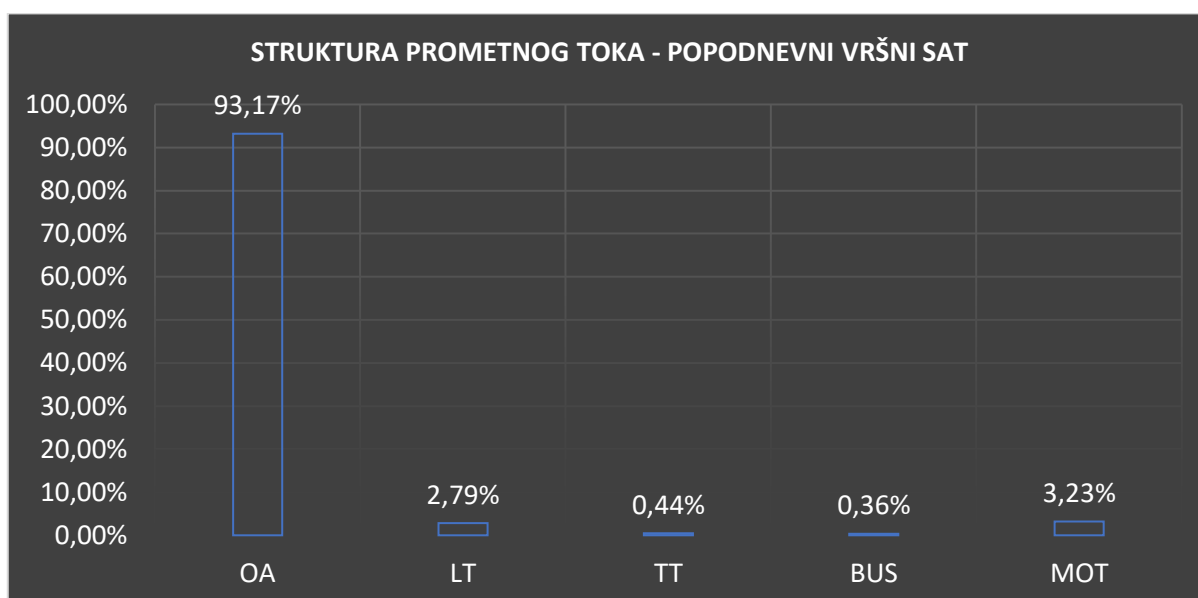
Slika 3.11. Intenzitet i distribucija prometnih tokova u poslijepodnevnom vršnom satu

Izvor: Izradio autor

Na slici 3.11. grafički se prikazuje intenzitet i distribucija prometnih tokova po pojedinim smjerovima u poslijepodnevnom vršnom satu. Vidljivo je kako ukupno prometno opterećenje predmetnog raskrižja za poslijepodnevni vršni sat iznosi 2474 voz/h odnosno 2538,5 EJA/h. Prometna opterećenja pojedinih privoza od najvećeg do najmanjeg navode se u nastavku:

- Privoz 1 (D306) – 1579 voz/h (1624,5 EJA/h)
- Privoz 2 (Ulica Kažimira Zankija) – 1487 voz/h (1532 EJA/h)
- Privoz 3 (Put Nina) – 1000 voz/h (1022,5 EJA/h)
- Privoz 4 (Put Matije Gupca) – 882 voz/h (898 EJA/h)

Usporedbom slike 3.10. i slike 3.11. dolazi se do zaključka kako je predmetno raskrižje manje opterećeno u poslijepodnevnom vršnom satu te da je poredak privoza po opterećenjima jednak kao u jutarnjem vršnom satu. U odnosu na jutarnji vršni sat došlo je do promjene prometne potražnje za pojedine manevre. U ovom slučaju prometna potražnja iz smjera Vira prema središtu grada Zadra odnosno za manevr 1-3 je veća nego za manevre 1-2 i 2-1. Do navedene promjene dolazi zato što se u kasnim poslijepodnevnim satima turisti iz smjera otoka Vira upućuju u sam grad Zadar koji je glavna turistička destinacija u sklopu Zadarske županije. Važno je za napomenuti kako ne postoji značajna razlika u intenzitetu i distribuciji prometnih tokova između jutarnjeg i vršnog sata koju bi bilo potrebno uzeti u obzir prilikom predlaganja idejnog rješenja.



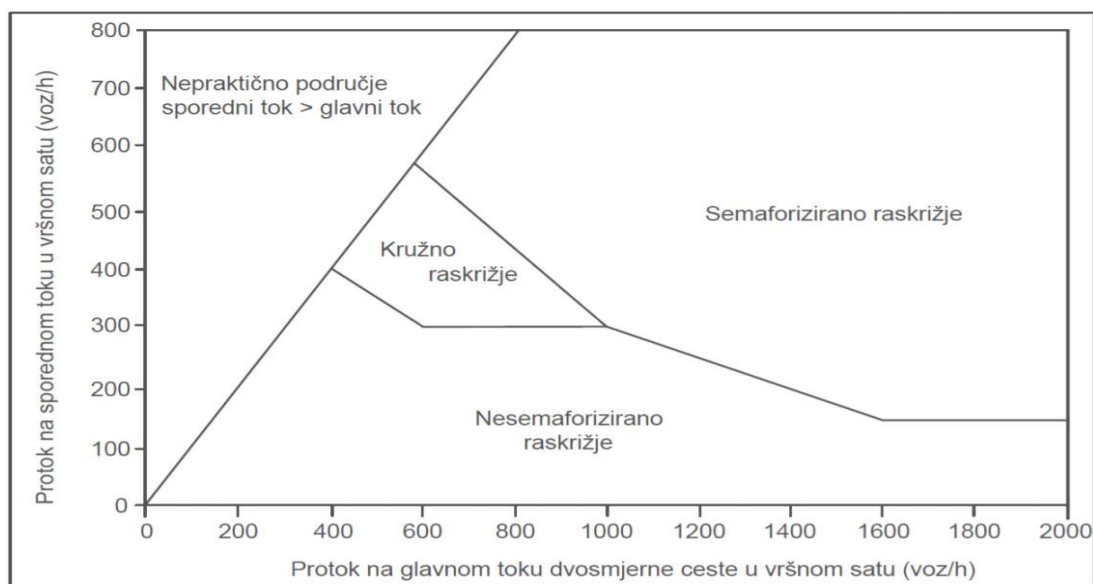
Grafikon 3.6. Struktura prometnog toka za poslijepodnevni vršni sat

Izvor: Izradio autor

Na grafikonu 3.6. prikazuje se struktura prometnog toka za predmetno raskrižje u poslijepodnevnom vršnom satu. Za izradu ovog grafikona koristili su se podaci sveukupnog broja vozila koja su prošla raskrižjem u poslijepodnevnom vršnom satu. Najveći udio u prometnom toku čine osobni automobili s udjelom od 93,17% što je u odnosu na jutarnji vršni sat više za 2,80%. Osobne automobile slijede motocikli s udjelom od 3,23% što je približno jednako kao i u jutarnjem vršnom satu, zatim laka teretna vozila s udjelom od 2,79% što je u odnosu na jutarnji vršni sat manje za 2,29%. Nakon motocikla slijede teška teretna vozila s udjelom od 0,44% što je za dvostruko manje u odnosu na jutarnji vršni sat. Vozila s najmanjim udjelom u prometnom toku u poslijepodnevnom vršnom satu su autobusi s udjelom u iznosu od 0,36% što je neznatno manje u odnosu na jutarnji vršni sat.

Nakon provedene analize prometnih tokova potrebno je provjeriti da li je postojeći način upravljanja prometom na analiziranom raskrižju u skladu sa okvirnim preporukama HCM-a te se tim saznanjima voditi tijekom izrade idejnog rješenja u cilju optimizacije prometnih tokova.

HCM (engl. *Highway Capacity Manual*)¹⁴ je standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica. Prvenstveno služi za proračune kapaciteta i razine usluge raskrižja, dionica cesta, javnog gradskog prijevoza, te pješačkog i biciklističkog prometa.



Grafikon 3.7. Okvirne preporuke za odabir načina upravljanja raskrižjima u razini

Izvor: Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 4.

Na grafikonu 3.7. prikazuju se okvirne preporuke za odabir načina upravljanja raskrižjima u razini prema HCM-u. Uvrštavanjem prometnih opterećenja za jutarnji vršni sat, 1299 voz/h na glavnom toku i 1359 voz/h na sporednom toku, vidljivo je kako se radi se o nepraktičnom području. Za poslijepodnevni vršni sat je nešto drugačija situacija, 1314 voz/h na glavnom toku i 1160 voz/h na sporednom toku što upućuje na to da je postojeći način upravljanja ujedno i optimalan način upravljanja prometom na ovom raskrižju prema HCM-u.

Prilikom prognoze prometa, predlaganja idejnog rješenja te evaluacije pojedinih rješenja u sklopu izrade ovog diplomskog rada kao mjerodavno opterećenje koristiti će se podaci o intenzitetu, distribuciji i strukturi prometnih tokova za jutarnji vršni sat.

¹⁴ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 1.

3.4. Analiza prometne signalizacije

Poseban naglasak prilikom analiziranja postojećeg stanja stavlja se na analizu prometne signalizacije i opreme na cestama. Za analizu prometne signalizacije i opreme na cestama neophodno je dobro poznavanje i razumijevanje¹⁵:

- Pravilnika o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)
- Pravilnika o turističkoj i ostaloj signalizaciji na cestama (NN 64/16)
- Hrvatskih normi koje definiraju prometne znakove (HRN 1114, 1115 itd.)

Prometne znakove, signalizaciju i opremu na cestama čine¹⁶:

- prometni znakovi,
- prometna svjetla,
- oznake na kolniku i drugim prometnim površinama,
- prometna oprema ceste,
- oprema i mjere za smirivanje prometa i
- cestovna rasvjeta.

Funkcija prometne signalizacije jest upravljanje i reguliranje prometnih tokova, orijentiranje odnosno usmjeravanje sudionika u cestovnom prometu ka njihovom cilju putovanja, informiranje sudionika o zakonskim ograničenjima te upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila. Kako bi prometna signalizacija bila u potpunosti funkcionalna ona mora biti čitljiva, razumljiva, jednoobrazna, uniformna, jednostavna, kontinuirana, uočljiva i konstantna. Prometna signalizacija kao skup standardiziranih kodiranih oznaka uvelike doprinosi sigurnosti cestovnog prometa.¹⁷

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada u sklopu analize prometne signalizacije, analizirat će se prometni znakovi, prometna svjetla i oznake na kolniku.

¹⁵ Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 42.

¹⁶ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)

¹⁷ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

3.4.1. Prometni znakovi

Prometni znakovi definiraju se kao skup posebno kodiranih oznaka namijenjenih sudionicima u prometu, koje se u odnosu na prometne površine nalaze u vertikalnoj ravnini. Prometni znakovi također predstavljaju sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu.¹⁸

Funkcionalna podjela prometnih znakova prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama¹⁹:

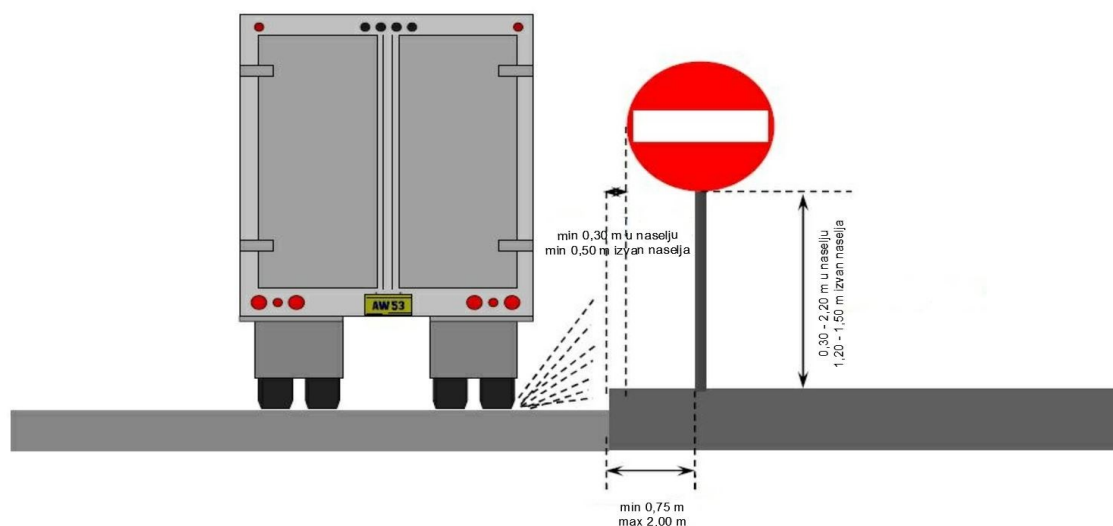
- znakovi opasnosti,
- znakovi izričitih naredbi,
- znakovi obavijesti,
- znakovi obavijesti za vođenje prometa,
- dopunske ploče i
- promjenjivi prometni znakovi.

Prometni znakovi, signalizacija i oprema na cesti postavljaju se na temelju prometnog elaborata. Postavljaju se tako da sudionik u prometu može pravodobno uočiti i prepoznati njihovo značenje te uskladiti ponašanje na temelju primljenih informacija. Prometni znakovi mogu se postavljati s lijeve i s desne strane ceste, na portalima iznad ceste, na stupovima rasvjete i stupovima semafora te na zidovima i ogradama. U pravilu se postavljaju s desne strane kolnika u smjeru kretanja vozila. Na cestama izvan naselja postavljaju se na visini od 1,2 metar do 1,5 metara, dok se u naseljima postavljaju na visini od 0,30 metara do 2,20 metara. Prometni znakovi iznad kolnika postavljaju se na visini ne manjoj od 4,5 metara u pravilu 5 metara. Prometni znak od ruba kolnika mora biti udaljen minimalno 0,75 metara, a maksimalno 2 metra. Razmak između ruba kolnika i najbližeg ruba prometnog znaka iznosi najmanje 0,30 metara u naselju i 0,5 metara izvan naselja te 0,25 metara od biciklističke staze.²⁰ Na slici 3.12. prikazat će se preporuke za postavljanje prometnih znakova kako u naselju tako i izvan naselja.

¹⁸ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

¹⁹ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)

²⁰ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.



Slika 3.12. Postavljanje prometnih znakova

Izvor: Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Na isti nosač se smiju postaviti najviše dva prometna znaka koja moraju biti istog razreda retroreflektirajućeg materijala i u kombinaciji sljedećih dimenzija²¹:

- trokut duljine 120 centimetara u paru s krugom promjera 90 centimetara odnosno pravokutnikom i kvadratom duljine stranice 90 centimetara,
- trokut duljine 90 centimetara u paru s krugom promjera 60 centimetara odnosno pravokutnikom i kvadratom duljine stranice 60 centimetara i
- trokut duljine 60 centimetara u paru s krugom promjera 40 centimetara odnosno pravokutnikom i kvadratom duljine stranice 40 centimetara.

Površina prometnog znaka izrađuje se od retroreflektirajućeg materijala najmanjeg koeficijenta retrorefleksije razreda RA1, a za autoceste i ceste namijenjene isključivo prometu motornih vozila najmanje RA2. Ako područje nije osvjetljeno javnom rasvjetom, prometni znakovi s lijeve strane ili iznad kolnika moraju biti izrađeni najmanje od materijala retrorefleksije razreda RA2. Prometni znak mora se zamijeniti kada njegova retroreflektirajuća svojstva ne zadovoljavaju najmanje 70% zahtijevane vrijednosti za novi znak i/ili kada njegove kromatične vrijednosti ne zadovoljavaju propisani razred kvalitete CR1.²²

²¹ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

²² *Ibid*

U sklopu analize prometnih znakova, za potrebe izrade ovog diplomskog rada, analizirat će se isključivo ispravnost postavljanja prometnih znakova na području uže zone obuhvata. Retroreflektirajuća svojstva, kao i kromatičnost boja na prometnim znakovima nije moguće utvrditi zbog ne dostupnosti adekvatne opreme odnosno retroreflektometra i kolorimetra. U nastavku će se tablično prikazati rezultati analiziranih prometnih znakova.

Tablica 3.10. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 1

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - PROMETNI ZNAKOVI							
PRIVOZ "D306" - SMJER SJEVER - JUG							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	A14	120	230	150	Signalizacija	7/2014	NE
2.	B30	90	140	150	Crtorad	12/2010	DA
3.	C39-1	60	240	150	Pismorad	X/2012	NE
4.	E05	60	210	150	Pismorad	X/2012	DA
5.	C83	90	210	165	Stina	X/2009	DA
6.	B47-2	60	125	50	Crtorad	1/2020	NE
7.	C06	60	350	100	Stina	6/20XX	DA
8.	C02	90	200	230	NN	NN	NE
9.	B01	90	230	240	Pismorad	8/2019	NE
PRIVOZ "D306" - SMJER JUG - SJEVER							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	B30	90	240	200	Signalizacija	12/2015	NE
2.	B36	90	150	200	Stina	6/2009	DA
3.	C42	60	230	50	NN	NN	NE
4.	E05	60	190	50	NN	NN	NE
5.	B04	60	190	55	NN	NN	NE
6.	B04	60	200	25	NN	NN	NE
7.	B01	90	220	50	NN	NN	NE
8.	B45-1	60	160	50	NN	NN	NE
9.	B02	60	240	50	NN	NN	NE
10.	B45-1	60	180	50	NN	NN	NE
11.	C42	60	190	75	Pismorad	7/2016	DA
12.	E05	60	160	75	Pismorad	7/2016	DA

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.10. prikazuju se rezultati analize prometnih znakova na privozu 1. Iz navedene tablice vidi se kako je od 22 analizirana prometna znaka u sklopu navedenog privoza samo 7 prometnih znakova postavljeno prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Tablica 3.11. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 2

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - PROMETNI ZNAKOVI							
PRIVOZ "ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA" - SMJER ISTOK - ZAPAD							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	A14	120	270	225	Pismorad	3/2015	NE
2.	B30	90	180	225	Pismorad	3/2015	NE
3.	C02	60	220	60	Pismorad	2/2002	DA
4.	C42-1	60	170	220	Pismorad	6/2016	NE
5.	E03	60	170	220	Pismorad	6/2016	NE
6.	C83	60	220	220	Stina	6/2009	NE
7.	B47-2	60	125	50	Pismorad	X/2019	NE
8.	B02	90	390	100	Pismorad	1/2015	DA
9.	C02	90	200	200	Stina	6/2009	DA
10.	B01	120	200	190	Signalizacija	12/2015	DA
PRIVOZ "ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA" - SMJER ZAPAD - ISTOK							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	B30	90	250	235	Pismorad	2/2014	NE
2.	B36	90	160	235	Stina	6/2009	NE
3.	B30	90	270	225	Pismorad	X/2007	NE

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.11. prikazuju se rezultati analize prometnih znakova na privozu 2. Iz navedene tablice vidi se kako su od 13 analiziranih prometnih znakova u sklopu navedenog privoza samo 4 prometna znaka postavljena prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Tablica 3.12. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 3

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - PROMETNI ZNAKOVI							
PRIVOZ "PUT NINA" - SMJER JUG - SJEVER							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	C08	60	250	180	Pismorad	6/2018	NE
2.	A14	90	275	220	Stina	X/2009	NE
3.	B30	60	215	220	Stina	X/2009	NE
4.	C42	60	250	250	Pismorad	7/2016	NE
5.	E05	60	210	250	Pismorad	7/2016	NE
6.	E03	60	180	250	Pismorad	7/2016	NE
7.	C83	90	220	230	Stina	X/2009	NE
8.	B47-2	60	125	50	Stina	X/2009	NE
9.	C06	60	350	110	Stina	X/2009	DA
10.	C02	60	210	220	Stina	X/2009	NE
11.	B01	120	210	220	Signalizacija	11/2012	NE
PRIVOZ "PUT NINA" - SMJER SJEVER - JUG							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	B30	60	250	240	Stina	X/2009	NE
2.	B36	60	190	240	Stina	X/2009	NE
3.	C47	60	220	200	Stina	X/2009	DA
4.	C08	60	250	210	Pismorad	10/2017	NE
5.	A05-3	90	260	250	NN	5/2013	NE
6.	B30	60	200	250	Crtorad	5/2013	NE

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.12. prikazuju se rezultati analize prometnih znakova na privozu 3. Iz navedene tablice vidi se kako su od 17 analiziranih prometnih znakova u sklopu navedenog privoza samo 2 prometna znaka postavljena prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Tablica 3.13. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 4

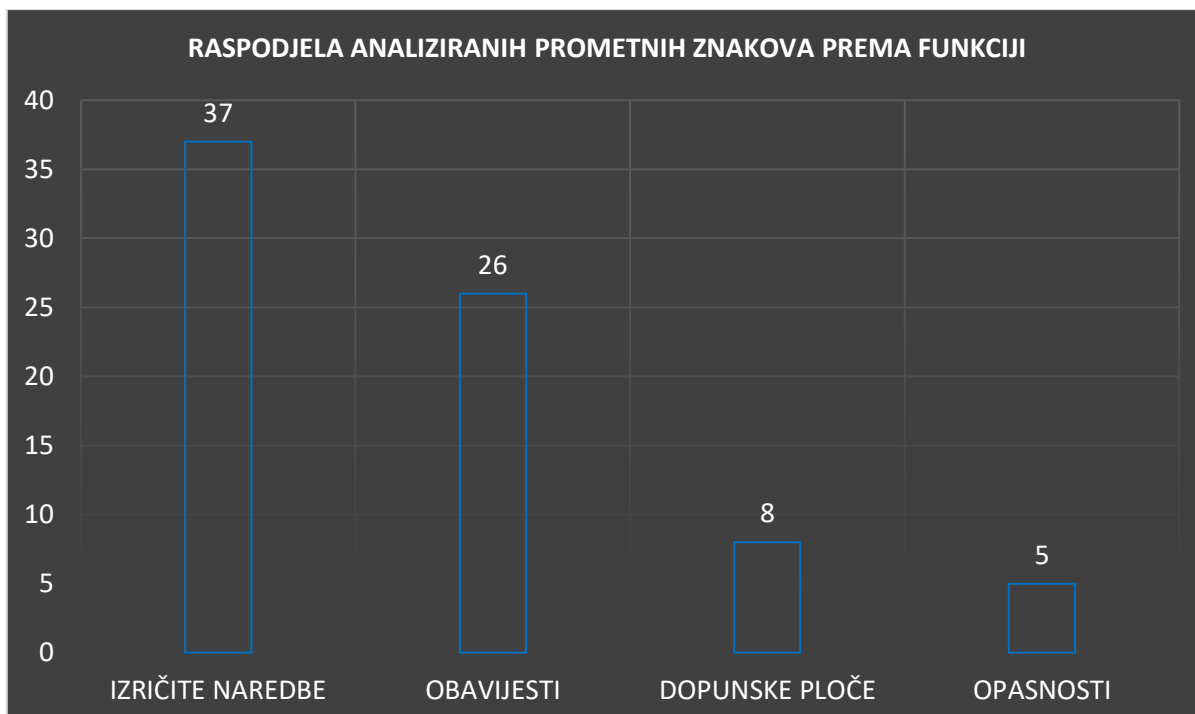
ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - PROMETNI ZNAKOVI							
PRIVOZ "PUT MATIJE GUPCA" - SMJER ZAPAD - ISTOK							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	C02	60	210	150	Pismorad	3/2008	DA
2.	B42-1	60	240	270	Crtorad	4/2013	NE
3.	B02	60	210	120	Pismorad	1/2014	DA
4.	B02	60	230	50	Pismorad	1/2014	NE
5.	B02	60	280	190	Pismorad	8/2017	NE
6.	C02	60	220	190	Signalizacija	5/2009	DA
7.	B02	60	230	170	Crtorad	4/2013	NE
8.	B02	60	180	100	Pismorad	1/2002	DA
9.	A14	90	300	330	Pismorad	1/2016	NE
10.	B30	60	240	330	Pismorad	12/2015	NE
11.	C42	60	250	330	Pismorad	7/2016	NE
12.	E05	60	210	330	Pismorad	7/2016	NE
13.	E03	60	180	330	Pismorad	7/2016	NE
14.	C83	90	220	310	Stina	X/2009	NE
15.	B47-2	60	125	50	Stina	X/2009	NE
16.	B02	90	350	110	Pismorad	2/2016	DA
17.	C02	60	215	230	Stina	X/2009	NE
18.	B01	90	220	230	Stina	X/2009	NE
PRIVOZ "PUT MATIJE GUPCA" - SMJER ISTOK - ZAPAD							
Red. Br.	Oznaka	Dimenzije	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Datum izrade	Ispravnost
1.	C16	60	250	250	Crtorad	4/2013	NE
2.	B42	60	250	250	Crtorad	4/2013	NE
3.	B30	90	250	250	Pismorad	X/2007	NE
4.	B36	90	160	250	NN	NN	NE
5.	C47	60	230	360	Signalizacija	5/2010	NE
6.	C16	60	240	270	Crtorad	4/2013	NE
7.	C02	60	230	50	Pismorad	11/2008	NE

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.13. prikazuju se rezultati analize prometnih znakova na privozu 4. Iz navedene tablice vidi se kako je od 25 analiziranih prometnih znakova u sklopu navedenog privoza samo 5 prometnih znakova postavljeno prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

U sklopu analize prometne signalizacije, unutar uže zone obuhvata analizirano je sveukupno 76 prometnih znakova, od čega je:

- 37 znakova izričitih naredbi,
- 26 znakova obavijesti,
- 8 dopunskih ploča i
- 5 znakova opasnosti.

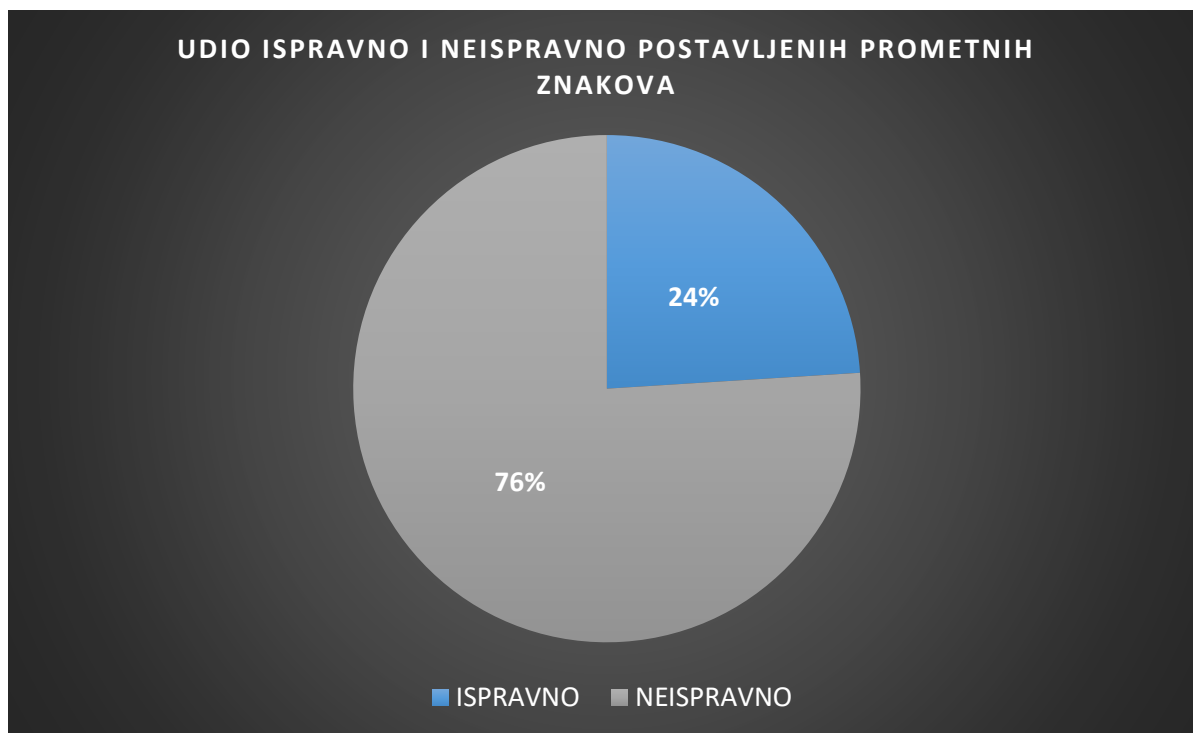


Grafikon 3.8. Raspodjela analiziranih prometnih znakova prema njihovoj funkciji

Izvor: Izradio autor

U grafikonu 3.8. prikazuje se raspodjela 76 analiziranih prometnih znakova prema njihovoj funkciji. Iz navedenog grafikona je vidljivo kako se unutar uže zone obuhvata nalazi najviše prometnih znakova izričitih naredbi, dok je najmanje prometnih znakova opasnosti.

Veoma je poražavajuća činjenica da je od sveukupno 76 analiziranih prometnih znakova samo 18 prometnih znakova postavljeno ispravno odnosno u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Udio ispravno postavljenih prometnih znakova u sveukupnom broju analiziranih prometnih znakova unutar uže zone obuhvata prikazat će se grafikonom 3.9.



Grafikon 3.9. Udio ispravno i neispravno postavljenih prometnih znakova

Izvor: Izradio autor

Iz grafikona 3.9. vidi se kako više od tri četvrtine prometnih znakova unutar uže zone obuhvata nije postavljeno sukladno Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Taj podatak je veoma poražavajući s obzirom na činjenicu da pravilno postavljena prometna signalizacija doprinosi sigurnosti cestovnog prometa.

3.4.2. Oznake na kolniku

Oznake na kolniku predstavljaju dio prometne signalizacije koji korištenjem i kombinacijom crta, natpisa i simbola oblikuje prometnu površinu te daje informacije vezane uz vizualno vođenje sudionika u prometu. Oznake na kolniku predstavljaju neizostavan element kolničkih površina te se izvode od različitih materijala, boja, debljina itd.²³

²³ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Oznake na kolniku se ucrtavaju, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolnički zastor ili drugu prometnu površinu te ne smiju povećavati njihovu sklizavost. Oznake na kolniku ne smiju biti više od 6 milimetara iznad razine kolnika (iznimka delineatori do 2 centimetra). Postavljaju se iznimno na cestama sa suvremenim (asfaltnim ili betonskim) kolničkim zastorom. Osnovna boja im je bijela.²⁴

Funkcionalna podjela oznaka na kolniku prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama²⁵:

- uzdužne oznake na kolniku
- poprečne oznake na kolniku
- ostale oznake na kolniku i objekti uz rub kolnika

Prema vrsti materijala, oznake na kolniku mogu se podijeliti na²⁶:

- bojane oznake na kolniku
- oznake na kolniku izvedene od plastičnih materijala
- oznake na kolniku kao trake

Širina uzdužnih crta ne smije iznositi manje od 10 centimetara. Razdjelna i rubna crta moraju biti iste širine i to²⁷:

- na autocestama i brzim cestama - 20 cm
- na ostalim javnim cestama i glavnim gradskim prometnicama - 12 ili 15 cm
- na ostalim cestama - 10 ili 12 cm

Razdjelne isprekidane linije izvode se u konfiguraciji 1/1/1 m, 3/3/3 m, 5/5/5 m, 3/6/3 m, 5/10/5 m i 6/12/6 m. Rubne isprekidane linije izvode se u konfiguraciji 1/1/1 m, 3/3/3 m i 5/5/5 m. Širina punih i isprekidanih crta zaustavljanja iznosi 50 cm, a praznine između trebaju biti jednake dužini crte.²⁸

²⁴ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

²⁵ *Ibid*

²⁶ *Ibid*

²⁷ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

²⁸ *Ibid*

Duljina strelica ovisi o najvećoj dopuštenoj brzini na cesti i to²⁹:

- 5 m iznimno 3 m za brzine ≤ 50 km/h
- 7,5 m za brzine $50 \text{ km/h} \leq 90 \text{ km/h}$
- 12 m za brzine $>90 \text{ km/h}$
- 1,60 m za biciklističke i parkirališne površine

Ispitivanje kvalitete izvedenih oznaka na kolniku uključuje ispitivanje kromatičnosti boje, razine retrorefleksije, debljine nanosa materijala, koeficijenta otpornosti na klizanje točnije usklađenosti izvedenih oznaka na kolniku u svim segmentima sa zakonskim, podzakonskim i ostalim regulativnim propisima. Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, terenskim istraživanjem, izvršit će se analiza izvedenih oznaka na kolniku unutar uže zone obuhvata. U sklopu analize oznaka na kolniku navesti će se pojedinačno za svaki privoz vrsta izvedene oznake na kolniku, oznaka, konfiguracija, materijal, boja te širina odnosno dužina. S obzirom na to da je za ispitivanje kromatičnosti boje, razine retrorefleksije i otpornosti klizanja na kolniku potrebna odgovarajuća oprema koja za potrebe izrade ovog diplomskog rada nije dostupna, izvršit će se isključivo analiza usklađenosti konfiguracije i širine odnosno dužine izvedenih oznaka na kolniku s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. U ovom slučaju nije mjerodavno odlučivati jesu li oznake na kolniku izvedene u skladu s prethodno navedenim Pravilnikom s obzirom na nedostupnost opreme za potpunu analizu ispravnosti oznaka na kolniku. U nastavku će se tablično prikazati rezultati analiziranih oznaka na kolniku.

²⁹ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Prometna signalizacija – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Tablica 3.14. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 1

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - OZNAKE NA KOLNIKU						
PRIVOZ "D306"						
Red. Br.	Oznaka	Vrsta oznake	Konfiguracija	Materijal	Boja	Širina (dužina)
1.	H01	Uzdužna - razdjelna	Puna	Boja	Bijela	15
2.	H02	Uzdužna - rubna	Puna	Boja	Bijela	15
3.	H03	Uzdužna - razdjelna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	15
4.	H04	Uzdužna - rubna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	15
5.	H14	Poprečna - crta zaustavljanja	Puna	Boja	Bijela	50
6.	H19	Poprečna - pješački prijelaz	-	Boja	Bijela	400
7.	H22	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
8.	H23	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
9.	H24	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
10.	H28	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
11.	H29	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
12.	H46	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-
13.	H47	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.14. navodi se popis izvedenih oznaka na kolniku privoza 1. Iz navedene tablice je vidljivo kako se radi o ucrtanim oznakama bijele boje. Sve navedene oznake što se tiče konfiguracije i širine odnosno dužine izvedene su u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Tablica 3.15. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 2

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - OZNAKE NA KOLNIKU						
PRIVOZ "ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA"						
Red. Br.	Oznaka	Vrsta oznake	Konfiguracija	Materijal	Boja	Širina (dužina)
1.	H01	Uzdužna - razdjelna	Puna	Boja	Bijela	15
2.	H02	Uzdužna - rubna	Puna	Boja	Bijela	15
3.	H03	Uzdužna - razdjelna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	15
4.	H04	Uzdužna - rubna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	15
5.	H14	Poprečna - crta zaustavljanja	Puna	Boja	Bijela	50
6.	H19	Poprečna - pješački prijelaz	-	Boja	Bijela	400
7.	H22	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
8.	H23	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
9.	H24	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
10.	H28	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
11.	H46	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-
12.	H47	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.15. navodi se popis izvedenih oznaka na kolniku privoza 2. Iz navedene tablice je vidljivo kako se radi o ucrtanim oznakama bijele boje. Sve navedene oznake što se tiče konfiguracije i širine odnosno dužine izvedene su u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Tablica 3.16. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 3

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - OZNAKE NA KOLNIKU						
PRIVOZ "PUT NINA"						
Red. Br.	Oznaka	Vrsta oznake	Konfiguracija	Materijal	Boja	Širina (dužina)
1.	H01	Uzdužna – razdjelna	Puna	Boja	Bijela	12
2.	H02	Uzdužna – rubna	Puna	Boja	Bijela	12
3.	H03	Uzdužna – razdjelna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	12
4.	H04	Uzdužna – rubna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	12
5.	H14	Poprečna - crta zaustavljanja	Puna	Boja	Bijela	50
6.	H19	Poprečna - pješački prijelaz	-	Boja	Bijela	400
7.	H22	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
8.	H23	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
9.	H24	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
10.	H46	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-
11.	H47	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-
12.	H53	Autobusno stajalište	-	Boja	Žuta	-

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.16. navodi se popis izvedenih oznaka na kolniku privoza 3. Iz navedene tablice je vidljivo kako se radi o ucrtanim oznakama bijele boje, osim oznake autobusno stajalište koja je izvedena žutom bojom. Sve navedene oznake što se tiče konfiguracije i širine odnosno dužine izvedene su u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Tablica 3.17. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 4

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - OZNAKE NA KOLNIKU						
PRIVOZ "PUT MATIJE GUPCA"						
Red. Br.	Oznaka	Vrsta oznake	Konfiguracija	Materijal	Boja	Širina (dužina)
1.	H01	Uzdužna - razdjelna	Puna	Boja	Bijela	12
2.	H02	Uzdužna - rubna	Puna	Boja	Bijela	12
3.	H03	Uzdužna - razdjelna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	12
4.	H04	Uzdužna - rubna	Isprekidana 3/3/3	Boja	Bijela	12
5.	H14	Poprečna - crta zaustavljanja	Puna	Boja	Bijela	50
6.	H15	Poprečna - crta zaustavljanja	Isprekidana	Boja	Bijela	50
7.	H19	Poprečna - pješački prijelaz	-	Boja	Bijela	400
8.	H21	Biciklistička traka	Puna	Boja	Žuta	12
9.	H22	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
10.	H23	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
11.	H24	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
12.	H28	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
13.	H29	Strelica	-	Boja	Bijela	(500)
14.	H46	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-
15.	H47	Polje za usmjeravanje prometa	-	Boja	Bijela	-
16.	H53	Autobusno stajalište	-	Boja	Žuta	-

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.17. navodi se popis izvedenih oznaka na kolniku privoza 4. Iz navedene tablice je vidljivo kako se radi o ucrtanim oznakama bijele boje, osim oznaka biciklistička traka i autobusno stajalište koje su izvedene žutom bojom. Sve navedene oznake što se tiče konfiguracije i širine odnosno dužine izvedene su u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Provedenom analizom oznaka na kolniku utvrđuje se kako su sve analizirane oznake u smislu konfiguracije i širine odnosno dužine postavljene u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. S obzirom na nedostupnost odgovarajućih uređaja za obavljanje detaljne analize oznaka na kolniku, vizualnim pregledom utvrdit će se kromatičnost boje kao i razina retrorefleksije. Vizualnim pregledom utvrđeno je kako su sve oznake na kolniku unutar uže zone obuhvata dotrajale te da ih je potrebno obnoviti prije početka turističke sezone.

3.4.3. Prometna svjetla

Za upravljanje prometom na raskrižju upotrebljavaju se uređaji kojima se daju prometni znakovi svjetlima crvene, žute i zelene boje. Prometna svjetla prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama mogu se podijeliti na³⁰:

- prometna svjetla za upravljanje prometom,
- prometna svjetla za upravljanje prometom pješaka i biciklista,
- prometna svjetla za upravljanje javnim gradskim prometom,
- prometna svjetla za upravljanje cestovnim prometom na prijelazu ceste preko željezničke pruge i
- prometna svjetla za upravljanje prometom i označavanje mjesta radova i zapreka na cesti.

Prometna svjetla za upravljanje prometom na raskrižju postavljaju se s desne strane i iznad kolnika, iznimno s lijeve strane kolnika. S lijeve strane kolnika postavljaju se ako se upravlja prometom na više prometnih traka i smjerova kretanja u različitim fazama. Prometna svjetla s lijeve i desne strane kolnika postavljaju se na visini od 2,2 m do 3,5 m iznad površine kolnika, dok se prometna svjetla smještena iznad kolnika postavljaju na visini ne manjoj od 4,5 m i ne većoj od 5,5 m. Veličina prometnih svjetala odnosno promjer kruga svjetla može iznositi 200, 210 ili 300 mm.³¹

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, terenskim mjerenjima izvršit će se analiza ispravnosti postavljanja prometnih svjetala. U sklopu analize prometnih svjetala navesti će se pojedinačno za svaki privoz oznaka prometnog svjetla, položaj postavljanja, promjer kruga svjetla, visina postavljanja, udaljenost od ruba kolnika te proizvođač. Na temelju prethodno navedenih stavki utvrdit će se jesu li prometna svjetla unutar uže zone obuhvata postavljena u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. U nastavku će se tablično prikazati rezultati analiziranih prometnih svjetala.

³⁰ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)

³¹ *Ibid*

Tablica 3.18. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih svjetala na predmetnom raskrižju

ANALIZA PROMETNE SIGNALIZACIJE - PROMETNA SVJETLA							
PRIVOZ "D306"							
Red. Br.	Oznaka	Položaj postavljanja	Promjer svjetla	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Ispravnost
1.	G01	Lijevo	30	225	110	Siemens	DA
2.	G01	Desno	30	225	100	Siemens	DA
3.	G01	Konzola	30	500	-	Siemens	DA
4.	G01	Konzola	30	500	-	Siemens	DA
5.	G07	Lijevo	20	225	110	Siemens	DA
6.	G07	Desno	20	225	100	Siemens	DA
PRIVOZ "ULICA KAŽIMIRA ZANKIJA"							
Red. Br.	Oznaka	Položaj postavljanja	Promjer svjetla	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Ispravnost
1.	G01	Lijevo	30	225	110	Siemens	DA
2.	G01	Desno	30	225	100	Siemens	DA
3.	G01	Konzola	30	500	-	Siemens	DA
4.	G07	Lijevo	20	225	110	Siemens	DA
5.	G07	Desno	20	225	100	Siemens	DA
PRIVOZ "PUT NINA"							
Red. Br.	Oznaka	Položaj postavljanja	Promjer svjetla	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Ispravnost
1.	G01	Lijevo	30	225	110	Siemens	DA
2.	G01	Desno	30	225	110	Siemens	DA
3.	G01	Konzola	30	500	-	Siemens	DA
4.	G01	Konzola	30	500	-	Siemens	DA
5.	G07	Lijevo	20	225	110	Siemens	DA
6.	G07	Desno	20	225	110	Siemens	DA
PRIVOZ "PUT MATIJE GUPCA"							
Red. Br.	Oznaka	Položaj postavljanja	Promjer svjetla	Visina postavljanja	Udaljenost od ruba kolnika	Proizvođač	Ispravnost
1.	G01	Lijevo	30	225	120	Siemens	DA
2.	G01	Desno	30	225	110	Siemens	DA
3.	G01	Konzola	30	500	-	Siemens	DA
4.	G07	Lijevo	20	225	120	Siemens	DA
5.	G07	Desno	20	225	110	Siemens	DA

Izvor: Izradio autor

U tablici 3.18. prikazuju se rezultati analize prometnih svjetala. Iz navedene tablice vidljivo je kako su na svakom od privoza prometna svjetla postavljena s lijeve i desne strane kolnika te na konzoli iznad kolnika. Promjer kruga svjetla za prometna svjetla namijenjena upravljanju prometom iznosi 30 mm na svim privozima, dok za prometna svjetla namijenjena upravljanju prometom pješaka i biciklista iznosi 20 mm. Prometna svjetla postavljena s lijeve i

desne strane kolnika postavljena su na visini od 2,25 m, dok su prometna svjetla na konzoli postavljena na visini od 5 m iznad kolnika na svim privozima. Udaljenost prometnih svjetala od ruba kolnika iznosi od 1 m do 1,1 m ovisno o privozu. Sva prometna svjetla proizvela je tvrtka Siemens. Analizom prometnih svjetala u sklopu analize prometne signalizacije utvrđuje se kako su sva analizirana prometna svjetla unutar uže zone obuhvata postavljena u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

3.5. Analiza sigurnosti odvijanja prometnih tokova

Sigurnost je nesumnjivo jedan od ključnih elemenata prometnog sustava. U ovom diplomskom radu, posebna pažnja posvetit će se analizi sigurnosti odvijanja prometnih tokova u cilju utvrđivanja nedostataka postojećeg stanja i problematike odvijanja prometnih tokova s aspekta sigurnosti. U okviru analize sigurnosti odvijanja prometnih tokova analizirat će se:

- prometne nesreće,
- konfliktne točke i
- preglednost.

3.5.1. Prometne nesreće

Prometna nesreća³² 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.

Materijalna šteta u prometnoj nesreći³³ je šteta nastala na vozilima koja su sudjelovala u prometnoj nesreći ili na objektima, prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

³² Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 42/20)

³³ *Ibid*

Dosadašnja istraživanja pokazala su da broj prometnih nesreća na križanjima u gradovima iznosi od 40% do 50% ukupnog broj prometnih nesreća u gradovima, te da se smanjenjem preglednosti u raskrižju za 3 puta, sigurnost raskrižja smanji za 10 puta. Stoga je vrlo važno prilikom projektiranja prometnog rješenja voditi računa o preglednosti.³⁴

Postoji veliki broj aspekata s kojih je moguće promatrati prometne nesreće. Prilikom analize prometnih nesreća posebna pozornost posvetit će se broju i vrsti prometnih nesreća, uzorku nastanka prometnih nesreća te nastalim posljedicama od prometnih nesreća. Analizom prometnih nesreća pokušat će se utvrditi postoji li kakva značajna korelacija između pojedinih promatranih parametara na temelju koje bi se prepoznao potencijalni nedostatak postojećeg prometno rješenja u svrhu povećanja sigurnosti na području uže zone obuhvata. Za provedbu prethodno navedene analize prikupit će se povijesni podaci o događajima prometnih nesreća na području uže zone obuhvata od strane Policijske uprave zadarske. S obzirom na raspršenost prometnih nesreća na području uže zone obuhvata, navedene prometne nesreće grupirat će se prema značajnijim lokacijama unutar uže zone obuhvata. Grupiranje i broj prometnih nesreća po pojedinim lokacijama unutar uže zone obuhvata prikazat će se na slici 3.13.



Slika 3.13. Grupiranje i broj prometnih nesreća unutar uže zone obuhvata

Izvor: Izradio autor

³⁴ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 60.

Analiza prometnih nesreća, detaljnije će se provesti u nastavku kroz sljedeće tablice.

Tablica 3.19. Broj prometnih nesreća po godinama

GODINA	BROJ PROMETNIH NESREĆA
2016.	14
2017.	11
2018.	11
2019.	15
2020.	7
UKUPNO	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

Iz tablice 3.19. vidljivo je kako se u posljednjih pet godina na području uže zone obuhvata dogodilo 58 prometnih nesreća. Najviše prometnih nesreća dogodilo se u 2019. godini, a najmanje u 2020. godini. Prema navedenoj tablici moguće je utvrditi da se godišnje dogodi u prosjeku oko 12 prometnih nesreća na području uže zone obuhvata.

Tablica 3.20. Broj prometnih nesreća po godinama s obzirom na posljedice

BROJ PROMETNIH NESREĆA S OBZIROM NA POSLJEDICE	GODINA					
	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	UKUPNO
PN sa poginulima	0	0	0	0	0	0
PN s ozlijeđenima	6	2	6	1	1	16
PN s materijalnom štetom	8	9	5	14	6	42
UKUPNO	14	11	11	15	7	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

U tablici 3.20. prikazuje se broj prometnih nesreća po godinama s obzirom na posljedice nastale u prometnim nesrećama. Iz navedene tablice vidljivo je kako se u posljednjih pet godina dogodilo 42 prometne nesreće s materijalnom štetom, 16 prometnih nesreća s ozlijeđenim sudionicima te niti jedna prometna nesreća s poginulima. Moglo bi se reći kako je područje uže zone obuhvata poprilično sigurno s obzirom na to da u posljednjih pet godina nije smrtno stradala niti jedna osoba i da je velika većina prometnih nesreća isključivo s materijalnom štetom.

Tablica 3.21. Broj nastradalih osoba po godinama u prometnim nesrećama

BROJ NASTRADALIH OSOBA U PROMETNIM NESREĆAMA	GODINA					
	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	UKUPNO
Poginulih	0	0	0	0	0	0
Teško ozlijeđenih	0	0	1	1	0	2
Lako ozlijeđenih	12	2	10	0	1	25
UKUPNO	12	2	11	1	1	27

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

Iz tablice 3.21. vidi se kako je u posljednjih pet godina na području uže zone obuhvata nastradalo 27 osoba u prometnim nesrećama. Od ukupno 27 nastradalih osoba niti jedna osoba nije poginula, 2 osobe su teže ozlijeđene, dok je 25 osoba zadobilo lakše ozlijede. Vidljivo je također kako se u posljednje dvije godine broj nastradalih osoba znatno smanjio. S obzirom na broj i težine ozljeda nastradalih osoba u odnosu na poprilično veliki broj prometnih nesreća moguće je zaključiti da se radio o dostatno sigurnoj zoni.

Tablica 3.22. Broj prometnih nesreća po mjesecima za svaku godinu

BROJ PROMETNIH NESREĆA PO MJESECIMA ZA SVAKU GODINU													
GODINA	MJESEC												UKUPNO
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
2016.	1				4	2	3	3		1			14
2017.			2	2		3	2	1			1		11
2018.	1		1	1		1	1	1	2	2		1	11
2019.	1		1	1		2	2	3	3	1		1	15
2020.		1		1			1	4					7
UKUPNO	3	1	4	5	4	8	9	12	5	4	1	2	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

U tablici 3.22. prikazuje se broj prometnih nesreća po mjesecima za posljednjih pet godina. Prema navedenoj tablici, moguće je utvrditi kako se veliki dio prometnih nesreća u posljednjih pet godina dogodio u mjesecima svibnju, lipnju i srpnju odnosno za vrijeme turističke sezone, što je i logično s obzirom na to da se u ljetnim mjesecima prometno opterećenje analizirane zone povećava gotovo za 100 %.

Tablica 3.23. Broj prometnih nesreća po danima u tjednu za svaku godinu

BROJ PROMETNIH NESREĆA PO DANIMA U TJEDNU ZA SVAKU GODINU								
GODINA	DAN U TJEDNU							UKUPNO
	Pon	Uto	Sri	Čet	Pet	Sub	Ned	
2016.	5	2	4	0	1	1	1	14
2017.	2	3	2	2	0	1	1	11
2018.	1	3	1	0	2	1	3	11
2019.	5	2	0	1	4	1	2	15
2020.	1	2	1	1	0	1	1	7
UKUPNO	14	12	8	4	7	5	8	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

U tablici 3.23. prikazuje se broj prometnih nesreća po danima u tjednu na području uže zone obuhvata za svaku od analiziranih godina. Iz navedene tablice je vidljivo kako se najveći broj prometnih nesreća događaja ponedjeljkom i utorkom, dok je za ostale dane u tjednu ta brojka osjetno manja. Opće je poznato da je populacija nakon vikenda pod većim stresom u odnosu na ostatak tjedna s obzirom na početak novog radnog tjedna, te je na neki način tu brojku moguće pripisati stresu odnosno nižoj razini koncentracije tijekom vožnje.

Tablica 3.24. Broj prometnih nesreća prema dobi dana za svaku godinu

BROJ PROMETNIH NESREĆA PREMA DOBI DANA ZA SVAKU GODINU				
GODINA	DOB DANA			UKUPNO
	Jutro	Poslijepodne	Noć	
2016.	2	8	4	14
2017.	4	5	2	11
2018.	2	5	4	11
2019.	5	6	4	15
2020.	2	4	1	7
UKUPNO	15	28	15	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

U tablici 3.24. prikazuje se broj prometnih nesreća prema dobi dana za svaku godinu. Jutro kao dob dana u ovom slučaju smatra se razdoblje od izlaska sunca do 12:00 h, poslijepodne od 12:00 h do zalaska sunca i noć od zalaska sunca pa sve do izlaska. Iz navedene tablice vidljivo je kako se gotovo 50% prometnih nesreća dogodilo tijekom popodneva, dok se po 25% prometnih nesreća dogodilo tijekom jutra ili noći. Te brojke nisu u potpunosti mjerodavne s obzirom na varijacije duljine dana tijekom godine prema godišnjim dobima.

Tablica 3.25. Broj prometnih nesreća prema vremenskim uvjetima za svaku godinu

BROJ PROMETNIH NESREĆA PREMA VREMENSKIM UVJETIMA ZA SVAKU GODINU								
GODINA	VREMENSKI UVJETI/STANJE KOLNIKA						UKUPNO	
	Vedro		Oblačno		Kiša			Nepoznato
/	Suh	Mokar	Suh	Mokar	Suh	Mokar	/	/
2016.	3			1		2	8	14
2017.	5						6	11
2018.	2		1	1			7	11
2019.	1			1			13	15
2020.						1	6	7
UKUPNO	11	0	1	3	0	3	40	58
	11		4		3		40	

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

U tablici 3.25. prikazuje se broj prometnih nesreća prema vremenski uvjetima na području uže zone obuhvata za svaku od analiziranih godina. Iz tablice je vidljivo kako su vremenski uvjeti kao i stanje kolnika za većinu nastalih prometnih nesreća nepoznati zbog toga što policijski službenici iste nisu naveli prilikom obavljanja očevida prometne nesreće, stoga se može zaključiti kako je navedena tablica gotovo u potpunosti nerelevantna.

Tablica 3.26. Broj prometnih nesreća prema vrsti za svaku godinu

BROJ PROMETNIH NESREĆA PREMA VRSTI ZA SVAKU GODINU							
VRSTA PROMETNE NESREĆE		GODINA					UKUPNO
		2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	
SUDAR VOZILA U POKRETU	iz suprotnih smjerova	3	1	2	3	2	11
	bočni smjer		1	1	2		4
	u usporednoj vožnji		2	1	1		4
	u vožnji u slijedu	6	3	3	4	3	19
	u vožnji unazad		1				1
	UKUPNO	9	8	7	10	5	39
Udar vozila u parkirano vozilo		1			2		3
Slijetanje vozila s ceste		3	2	2	2	2	11
Nalet na bicikl							0
Nalet na pješaka							0
Nalet na motocikl/moped							0
Pad s motocikla/mopeda		1					1
Udar vozila u objekt na cesti					1		1
Udar vozila u objekt kraj ceste		0					0
Nalet na životinju			1	2			3
Ostalo							0
UKUPNO		5	3	4	5	2	19
SVEUKUPNO		23	19	18	25	12	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

U tablici 3.26. prikazuje se broj prometnih nesreća prema vrsti na području uže zone obuhvata za svaku od analiziranih godina. Iz tablice je vidljivo kako se 67% prometnih nesreća dogodilo sudarom dvaju vozila u pokretu, dok se ostalih 33% odnosi na sudar jednog vozila u pokretu i druge zapreke na cesti. Najveći udio nastalih prometnih nesreća odnosi se na sudaru dvaju vozila prilikom vožnje u slijedu, zatim slijetanje vozila s ceste i sudar dvaju vozila u pokretu iz suprotnih smjerova. U daljnjoj analizi će se pažnja posvetiti prvenstveno uzročnicima tih triju vrsta prometnih nesreća koje zajedno čine 62% ukupnog broja prometnih nesreća.

Tablica 3.27. Broj prometnih nesreća s obzirom na uzrok po godinama

BROJ PROMETNIH NESREĆA S OBZIROM NA UZROK PO GODINAMA							
UZROCI		GODINA					UKUPNO
		2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	
POGREŠKE VOZAČA	Nepropisna brzina	1	3	2	3	1	10
	Brzina neprimjerena uvjetima	5		1	1	2	9
	Vožnja na nedovoljnoj udaljenosti	6	3	3	4	2	18
	Zakašnjelo uočavanje opasnosti						0
	Nepropisno pretjecanje			1	2	1	4
	Nepropisno obilaženje						0
	Nepropisno mimoilaženje						0
	Nepropisno uključivanje u promet						0
	Nepropisno skretanje	1					1
	Nepropisno okretanje						0
	Nepropisna vožnja unatrag		1		1		2
	Nepropisno prestrojavanje		2				2
	Nepoštivanje prednosti prolaska	1	1	2	1		5
	Nepropisno parkiranje						0
	Naglo usporavanje/kočenje						0
	Nepoštivanje svjetlosnog znaka						0
	Neosiguran teret na vozilu						0
	Nepropisno kretanje vozila				2		2
	Ostale pogreške vozača						0
	UKUPNO	14	10	9	14	6	53
POGREŠKE PJEŠAKA	Nepoštivanje prometnog svjetla						0
	Nekorištenje pješačkog prijelaza						0
	Ostale pogreške pješaka						0
	UKUPNO	0	0	0	0	0	0
OSTALI UZROCI	Neuočena pojava opasnosti						0
	Iznenadni kvar na vozilu						0
	Životinja na cesti		1	2			3
	Ostalo				1	1	2
	UKUPNO	0	1	2	1	1	5
SVEUKUPNO		14	11	11	15	7	58

Izvor: Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

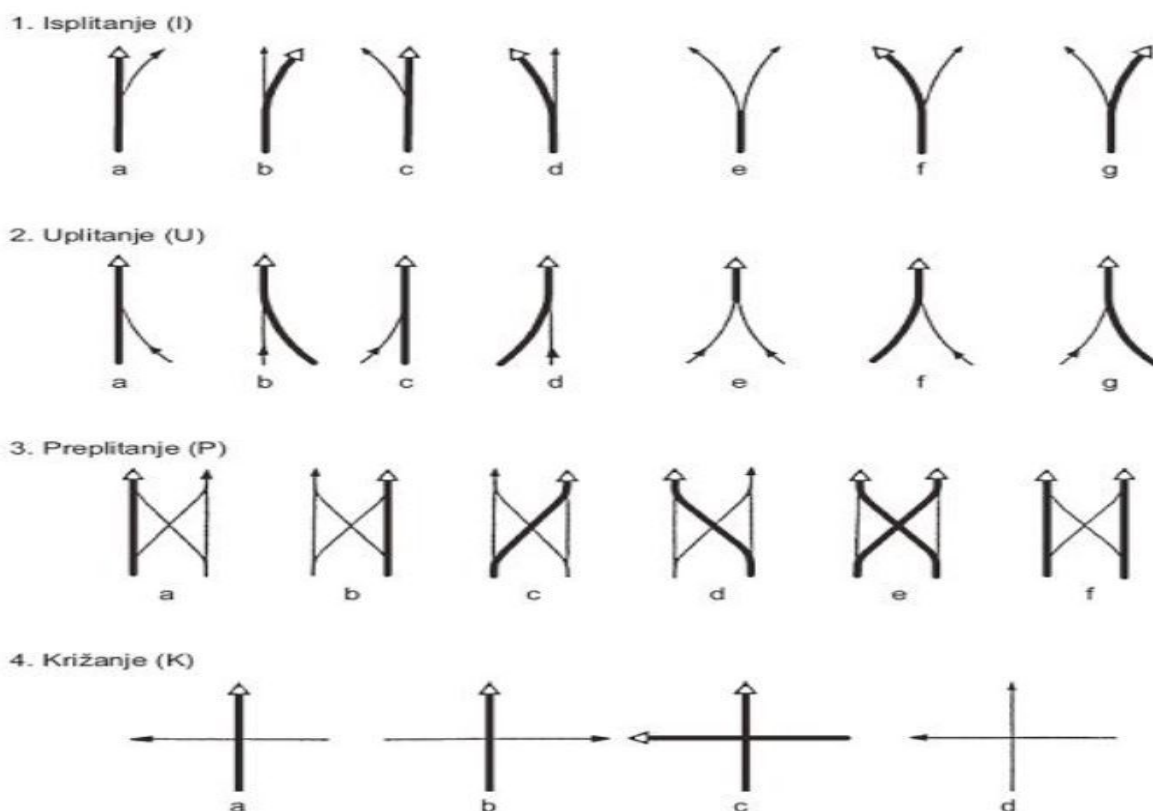
U tablici 3.27. prikazuje se broj prometnih nesreća na području uže zone obuhvata po analiziranim godinama s obzirom na uzrok nastanka prometne nesreće. Iz tablice je vidljivo kako je za 91% nastalih prometnih nesreća odgovoran vozač, dok se preostalih 9% odnosi na ostale uzroke u koje spadaju pojave na cesti i/ili vozilima na koje vozač ne može utjecati. Vodeći uzrok nastanka prometnih nesreća na području uže zone obuhvata je vožnja na nedovoljnoj udaljenosti, koju slijedi nepropisna brzina, a zatim i neprilagođena brzina uvjetima na cesti. Gotovo 32% prometnih nesreća dogodilo se kao posljedica vožnje na nedovoljnoj udaljenosti koja uzrokuje nastanak sudara dvaju vozila u pokretu prilikom vožnje u slijedu. Prema prethodno navedenim podacima dolazi se do zaključka kako se najveći broj prometnih nesreća događa zbog manjka koncentracije vozača prilikom vožnje u slijedu uzrokovane velikim repovima čekanja. Velika većina prometnih nesreća te vrste srećom završi samo s manjom materijalnom štetom s obzirom na to da se vozila u koloni kreću malim brzinama. Za pretpostaviti je kako bi se taj broj znatno smanjio kada bi se povećala protočnost odnosno smanjili repovi čekanja. Što se tiče uzročnika kako nepropisne tako i neprilagođene brzine uvjetima na cesti, najveći broj prometnih nesreća dogodio se u zavoju na samom početku privoza Put Nina. Prometne nesreće nastale na navedenom području u velikoj većini odnose se na slijetanje vozila s ceste, a kao uzrok policijski službenici većinom navode nepropisnu ili neprilagođenu brzinu uvjetima na cesti. Na tom području neposredno uz kolnik nalazi se samoposlužna autopraonica. Prilikom pranja automobila velika količina vode pomiješane s deterdžentom za pranje automobila završi na površini kolnika, što znatno utječe na prljanje na kolniku koje je ionako veoma loše s obzirom na trenutačnu ishabanost gornjeg sloja kolničkog zastora. Zanimljivo je kako se u posljednjih pet godina nije dogodila niti jedna prometna nesreća uzrokovana nepoštivanjem svjetlosnog znaka s obzirom na to da se radi o raskrižju na kojem se prometom upravlja prometnim svjetlima. Za pretpostaviti je kako bi se povećanjem protočnosti analiziranog područja i rješavanjem problema samoposlužne autopraonice uvelike smanjio broj prometnih nesreća unutar uže zone obuhvata.

3.5.2. Konfliktne točke

Prilikom odvijanja prometnih tokova na području raskrižja generiraju se mjesta na kojima je sigurnost kretanja ugroženija u odnosu na ostatak područja. Ta mjesta nazivaju se konfliktne točke. Konfliktne točke su jedan od pokazatelja sigurnosti cestovnih čvorišta. To su mjesta na kojima zbog obavljanja osnovnih prometnih radnji postoji mogućnost sudara odnosno kolizije dvaju vozila velikom konfliktnom energijom, od tuda i sam naziv konfliktne točke.

Osnovne prometne radnje mogu se podijeliti na³⁵:

- Isplitanje – dijeljenje prometnih tokova
- Uplitanje – sjedinjavanje prometnih tokova
- Preplitanje – međusobna izmjena prometnih trakova/tokova
- Križanje – međusobno križanje/presijecanje prometnih tokova



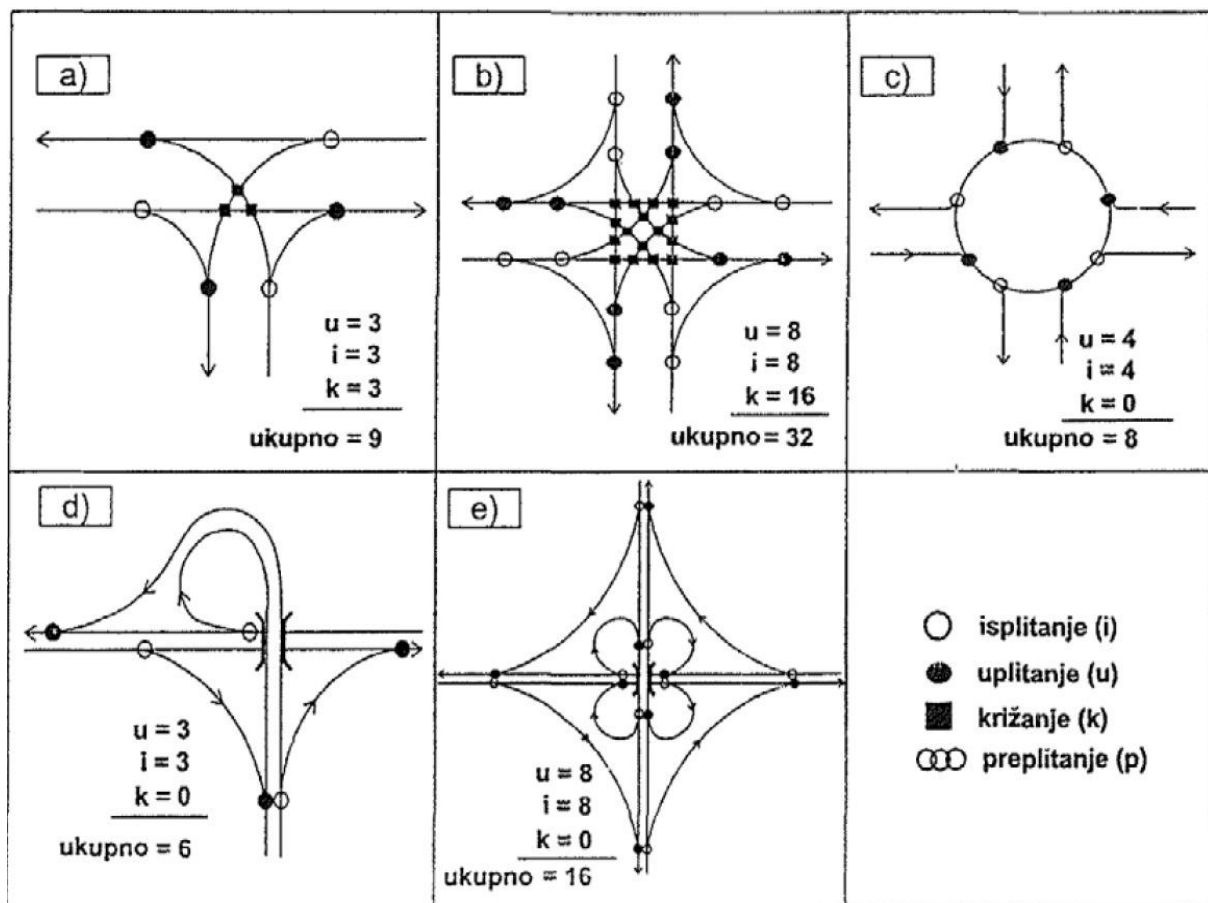
Slika 3.14. Osnovne vrste prometnih radnji

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 11.

³⁵ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 10.

Na slici 3.14. prikazuju se osnovne vrste prometnih radnji koje dovode do kolizije prometnih tokova odnosno pojave konfliktnih točaka. Debelom linijom prikazuje se glavni prometni tok, dok se sporedni tok prikazuje tankom linijom. Prometna radnja križanja rezultira pojavom konfliktnih točaka križanja koje su ujedno i najkritičnije točke jer se upravo na njima događaju prometne nesreće s najtežim posljedicama.

Cjelokupan prikaz položaja odnosno zbroja konfliktnih točaka uzrokovanih prethodno navedenim prometnim radnjama u okviru nekog područja naziva se konfliktna situacija. Broj konfliktnih točaka ovisi prvenstveno o vrsti/tipu raskrižja, a zatim i o geometrijskom oblikovanju, preglednosti, prometnom opterećenju i sl. Raskrižja u razini sadrže najveći broj konfliktnih točaka, dok se taj broj smanjuje denivelacijom odnosno vođenjem prometnih tokova u dvije ili više razina i u raskrižjima s kružnim tokom prometa.³⁶



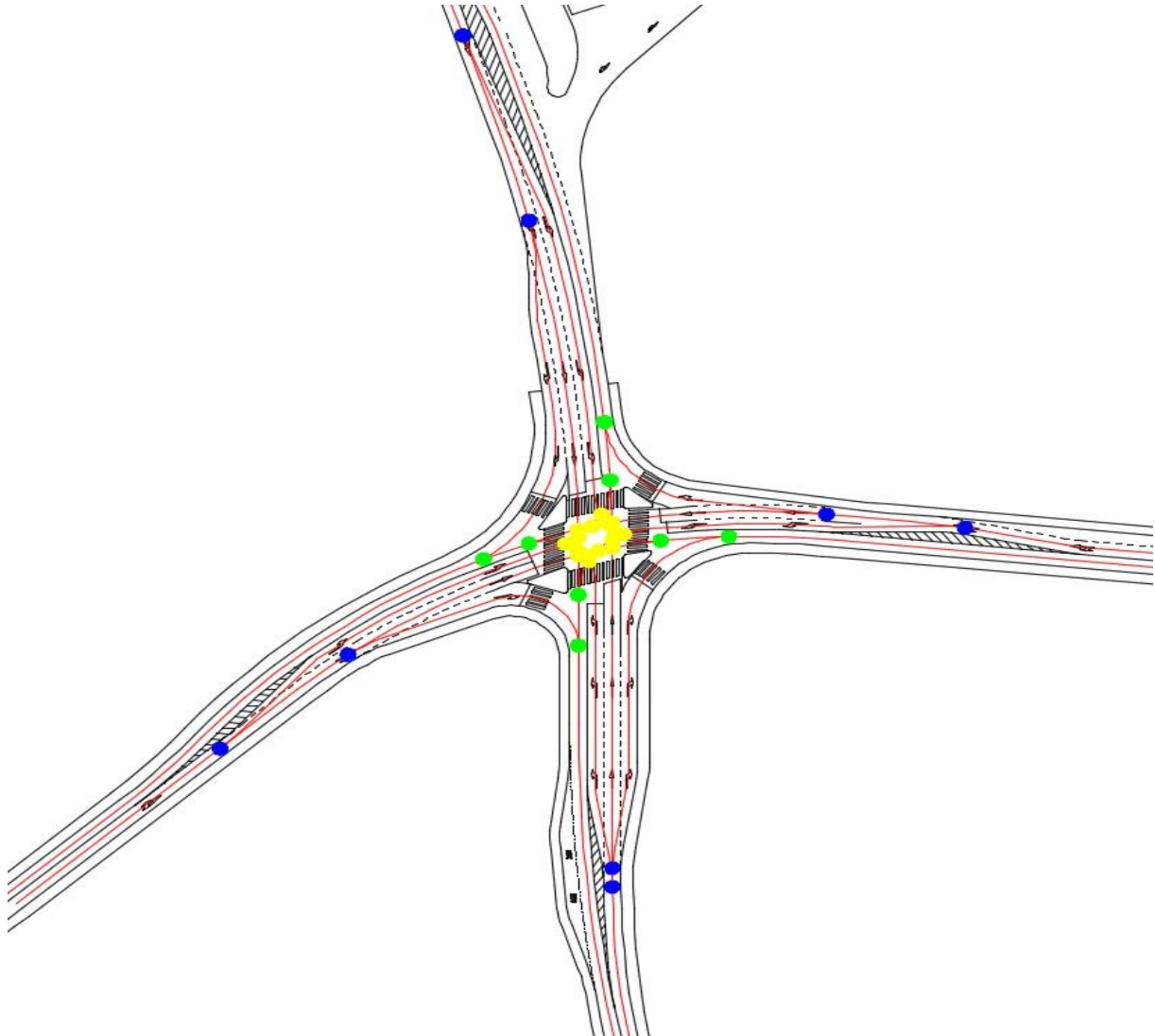
Slika 3.15. Konfliktna situacija za pojedinu vrstu/oblik raskrižja

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 13.

³⁶ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 12.

Na slici 3.15. prikazuje se konfliktna situacija za pojedinu vrstu/oblik raskrižja. Iz navedene slike je vidljivo kako klasično četverokrako raskrižje u razini ima najveći broj konfliktnih točaka točnije 32, dok najmanji broj ima raskrižje oblika trube i to samo njih 6.

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, u sklopu analize sigurnosti odvijanja prometnih tokova, prikazat će se konfliktna situacija za postojeće stanje.



Slika 3.16. Konfliktna situacija postojećeg stanja

Izvor: Izradio autor

Na slici 3.16. prikazuje se konfliktna situacija za postojeće stanje. U okviru postojećeg stanja generiraju se 32 konfliktna točka od kojih je 8 točaka isplitanja (plava boja), 8 točaka uplitanja (zelena boja) i 16 točaka križanja (žuta boja). S obzirom na to da je broj konfliktnih točaka jedan od pokazatelja sigurnosti raskrižja, prilikom izrade idejnog rješenja potrebno je voditi računa o smanjenju broja konfliktnih točaka.

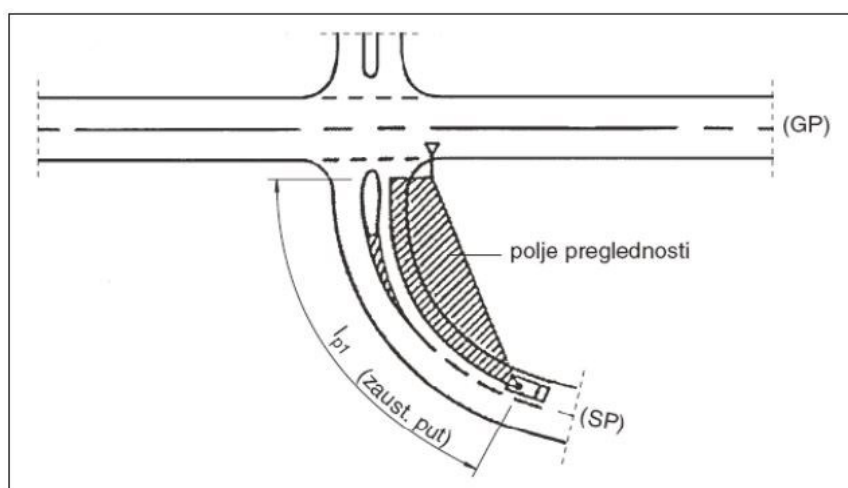
3.5.3. Preglednost

Pravodobno uočavanje i percepcija situacije u kojoj se nalazi sudionik u cestovnom prometu od velikog je značaja za prometnu sigurnost. Kako bi sudionik u prometu mogao pravovremeno percipirati nadolazeću situaciju koja se nalazi u prostoru neposredno ispred njega te poduzeti odgovarajuće radnje u skladu s postojećom situacijom, potrebno je osigurati dostatnu preglednost.³⁷

Kako bi se osiguralo sigurno odvijanje prometnih tokova na području uže zone obuhvata potrebno je osigurati različite vidove doglednosti i polja preglednosti, a to su³⁸:

- zaustavna preglednost (zaustavljanje pred vozilima u kretanju)
- preglednost kod približavanja (uvoženje u raskrižje bez zaustavljanja)
- privozna preglednost (uvoženje sa zaustavne linije)
- preglednost za pješake i bicikliste

Zaustavna preglednost³⁹ podrazumijeva doglednost koju je potrebno osigurati kako bi sudionici u cestovnom prometu koji se kreću sporednim privozom mogli uočiti raskrižje i pravovremeno reagirati odnosno zaustaviti se.



Slika 3.17. Zaustavna preglednost I_{p1}

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 82.

³⁷ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 80.

³⁸ *Ibid*, str. 82.

³⁹ *Ibid*

Na slici 3.17. prikazuje se polje preglednosti koje je potrebno osigurati za pravovremeno zaustavljanje sudionika u cestovnom prometu koji se kreću sporednim privozom. Duljina zaustavnog put l_{p1} ovisi o kategoriji ceste odnosno brzini privoženja te o uzdužnom nagibu sporedne ceste. Potrebne duljine zaustavne preglednosti l_{p1} prikazat će se u tablici 3.28.

Tablica 3.28. Potrebne duljine zaustavne preglednosti l_{p1}

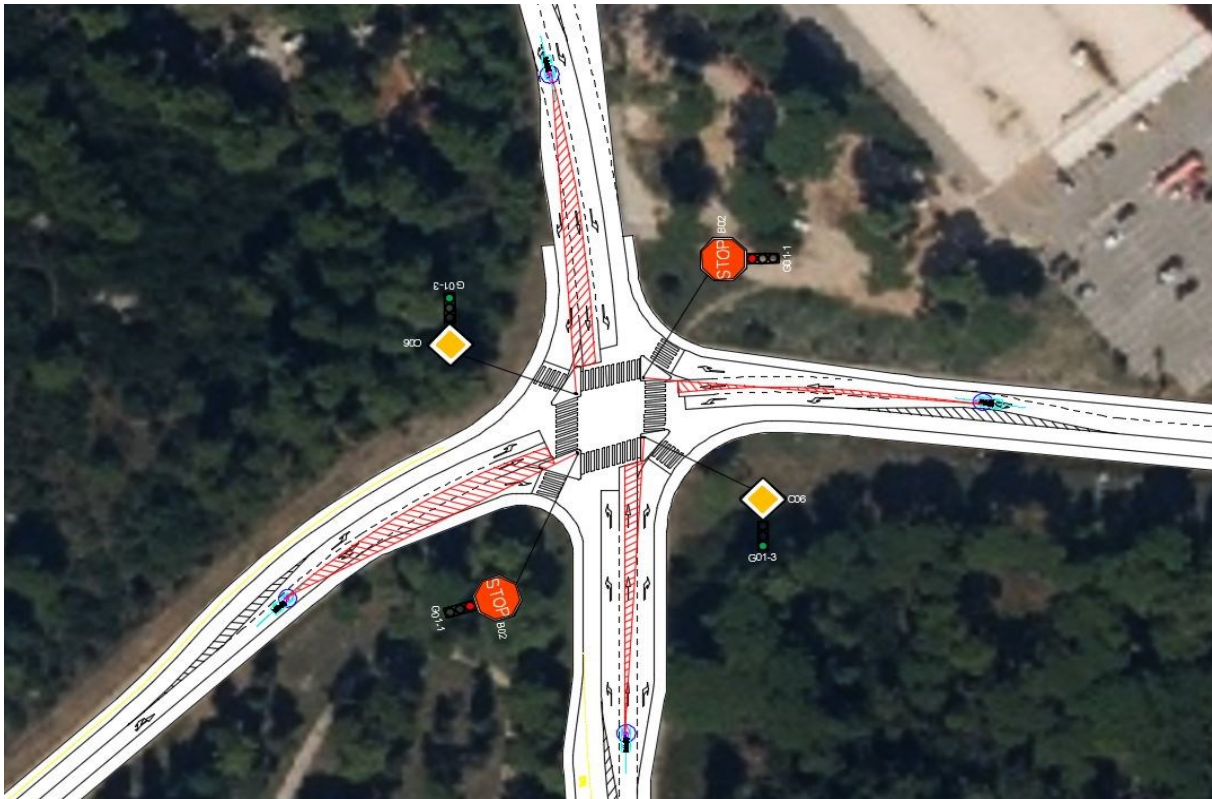
Vrste ceste	Brzina privoženja V_{85} [km/h]	Uzdužni nagib privozne ceste s [%]				
		-8	-4	0	+4	+8
A - nove ceste izvan naseljenih područja	100	240	210	190	170	160
	90	185	165	150	140	130
	80	145	130	120	110	105
	70	110	100	90	85	80
	60	80	70	70	65	60
	50	60	55	50	50	50
B - nove ceste u prijelaznom području i unutar izgrađenog područja	70	95	85	80	75	70
	60	70	65	60	55	55
	50	50	45	40	40	40
C - nadograđene glavne prometne i sabirne ceste unutar naselja	50	40				
	40	25				
	30	15				

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 83.

Zaustavnu preglednost u ovom slučaju potrebno je osigurati na svim privozima s obzirom na to da se prometnim tokovima na predmetnom raskrižju upravlja prometnim svjetlima. Predmetno raskrižje nalazi se u prijelaznom području na granici između izgrađenog područja i izvanurbanog područja. Na području raskrižja terenskim istraživanjem utvrđuje se 85 percentilna brzina privoženja koja u ovom slučaju iznosi 60 km/h. Prema prethodno navedenom, potrebne duljine zaustavne preglednosti l_{p1} ovisno o uzdužnom nagibu (s) za pojedine privoze iznose:

- privoz 1 (-2%) – 60 m
- privoz 2 (-1%) – 60 m
- privoz 3 (+4%) – 55 m
- privoz 4 (-2%) – 60 m

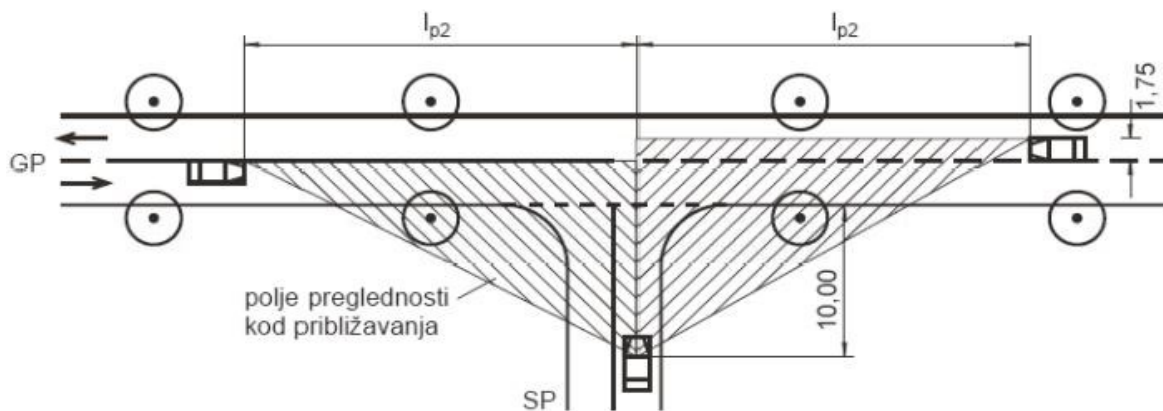
Na slici 3.18. prikazat će se zaustavna preglednost odnosno polja preglednosti koje je potrebno osigurati na svim privozima kako bi vozači pravovremeno mogli percipirati nadolazeće raskrižje i zaustaviti se pred prometnim svjetlom. Crvenom bojom označit će se polja preglednosti koje je potrebno osigurati. Iz slike 3.18. je vidljivo kako je na svim privozima osigurana dostatna zaustavna preglednost.



Slika 3.18. Polja preglednosti u okviru zaustavne preglednosti

Izvor: Izradio autor

Preglednost kod približavanja raskrižju⁴⁰ podrazumijeva doglednost koju je potrebno osigurati na udaljenosti od 10 metara od ruba glavne ceste za vozača koji prilazi iz sporedne ceste i to za slučaj kada treba na glavnu cestu ući bez zaustavljanja vozila.



Slika 3.19. Preglednost kod približavanja l_{p2}

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 83.

⁴⁰ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 83.

Na slici 3.19. prikazuje se doglednost odnosno polje preglednosti koje je potrebno osigurati prilikom približavanja vozila koje se kreće sporednim privozom, kako bi se isto sigurno uključilo u glavni prometni tok bez zaustavljanja. Potrebna duljina kraka vidnog polja na glavnom pravcu l_{p2} ovisno o vrsti ceste i 85 percentilnoj brzini prikazat će se u tablici 3.29.

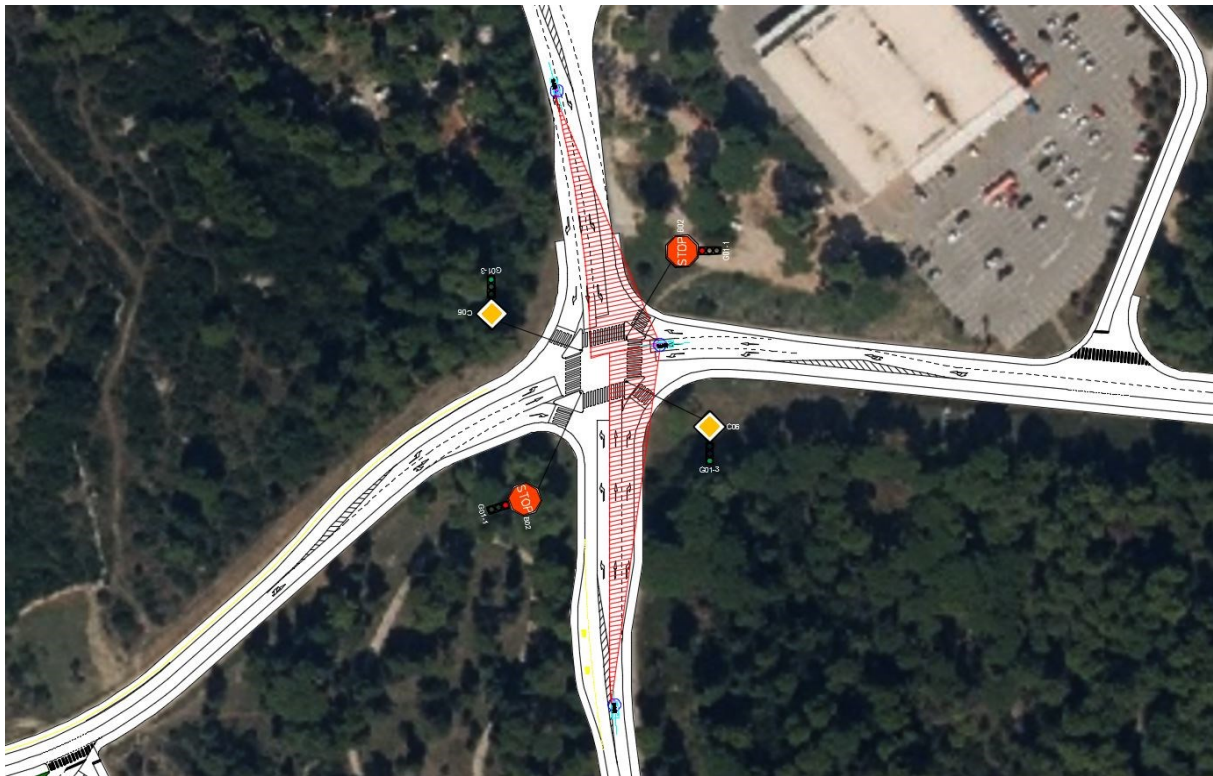
Tablica 3.29. Potrebna duljina kraka vidnog polja na glavnom pravcu l_{p2}

vrste cesta	brzina V_{85} [km/h]							
	100	90	80	70	60	50	40	30
A	200 (300)	170 (250)	135 (210)	110 (175)	85	70	-	-
B	-	-	-	110	85	70	-	-
C	-	-	-	-	-	70	50	30

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 83.

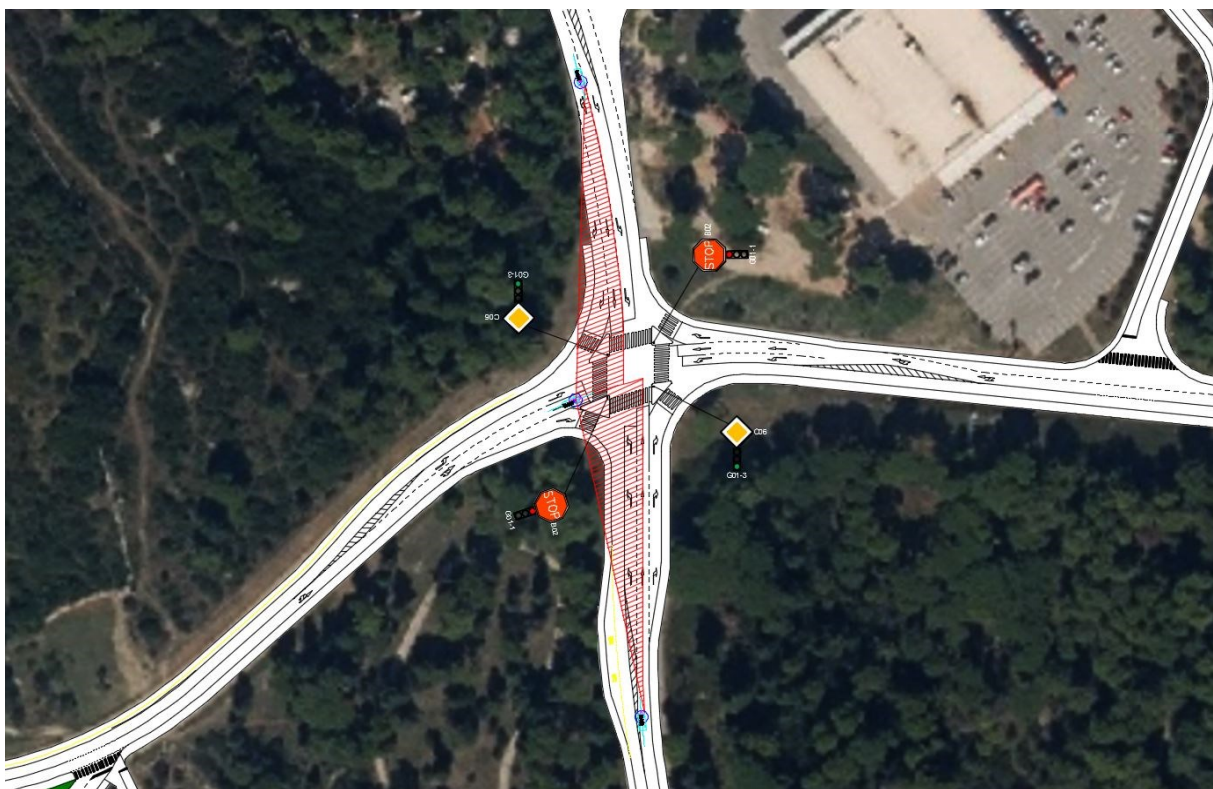
Potrebna duljina kraka vidnog polja na glavnom pravcu l_{p2} za predmetno raskrižje prema tablici 3.29. iznosi 85 metara. Na slikama 3.20. i 3.21. crvenom bojom prikazat će se polja preglednosti koja bi bilo potrebno osigurati da je promet reguliran prometnim znakom „raskrižje s cestom s prednošću prolaska“.

Iz prethodno navedenih slika vidljivo je kako tetive polja preglednosti na nekim mjestima izlaze izvan rubova kolnika što ne ugrožava u velikoj mjeri dostatnu preglednost kod približavanja zbog toga što se na tom području ne nalaze zapreke koje bi ugrozile navedenu preglednost. Isto tako, ovaj oblik preglednosti nije mjerodavan za predmetno raskrižje s obzirom na to da je promet upravljivan prometnim svjetlima odnosno semaforima.



Slika 3.20. Polja preglednosti u okviru preglednosti kod približavanja za privoz 2

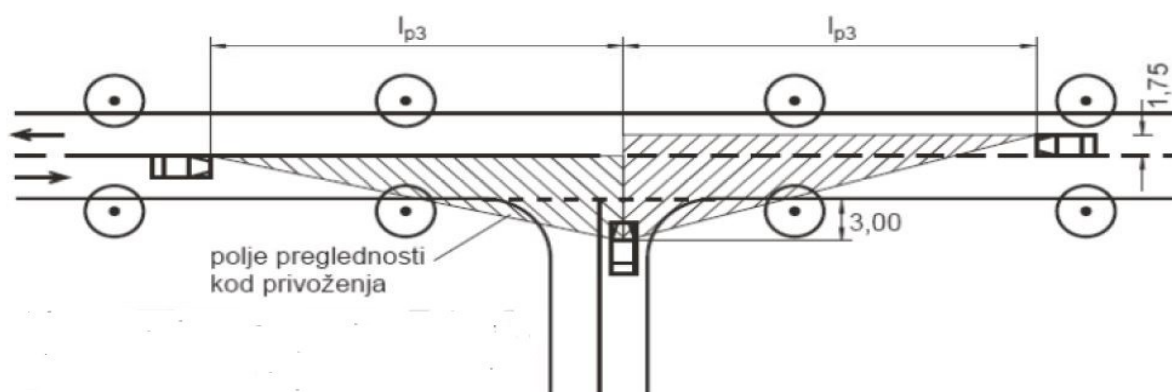
Izvor: Izradio autor



Slika 3.21. Polja preglednosti u okviru preglednosti kod približavanja za privoz 4

Izvor: Izradio autor

Privozna preglednost⁴¹ podrazumijeva doglednost koju je potrebno osigurati kako bi se vozač koji čeka na sporednom privozu, na udaljenosti od 3 metra od ruba kolnika glavne ceste, unatoč prednosti i uz očekivano ometanje sa glavne ceste mogao sigurno uključiti u glavni prometni tok. Polje privozne preglednosti prikazat će se na slici 3.22.



Slika 3.22. Privozna preglednost I_{p3}

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 84.

Potrebna duljina privozne preglednosti I_{p3} u ovisnosti o 85 percentilnoj brzini kretanja vozila prikazat će se u tablici 3.30.

Tablica 3.30. Privozna preglednost I_{p3} u ovisnosti o 85 percentilnoj brzini

V_{85} [km/h]	100	90	80	70	60	50
I_{p3} [m]	200	170	135	110	85	70

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 84.

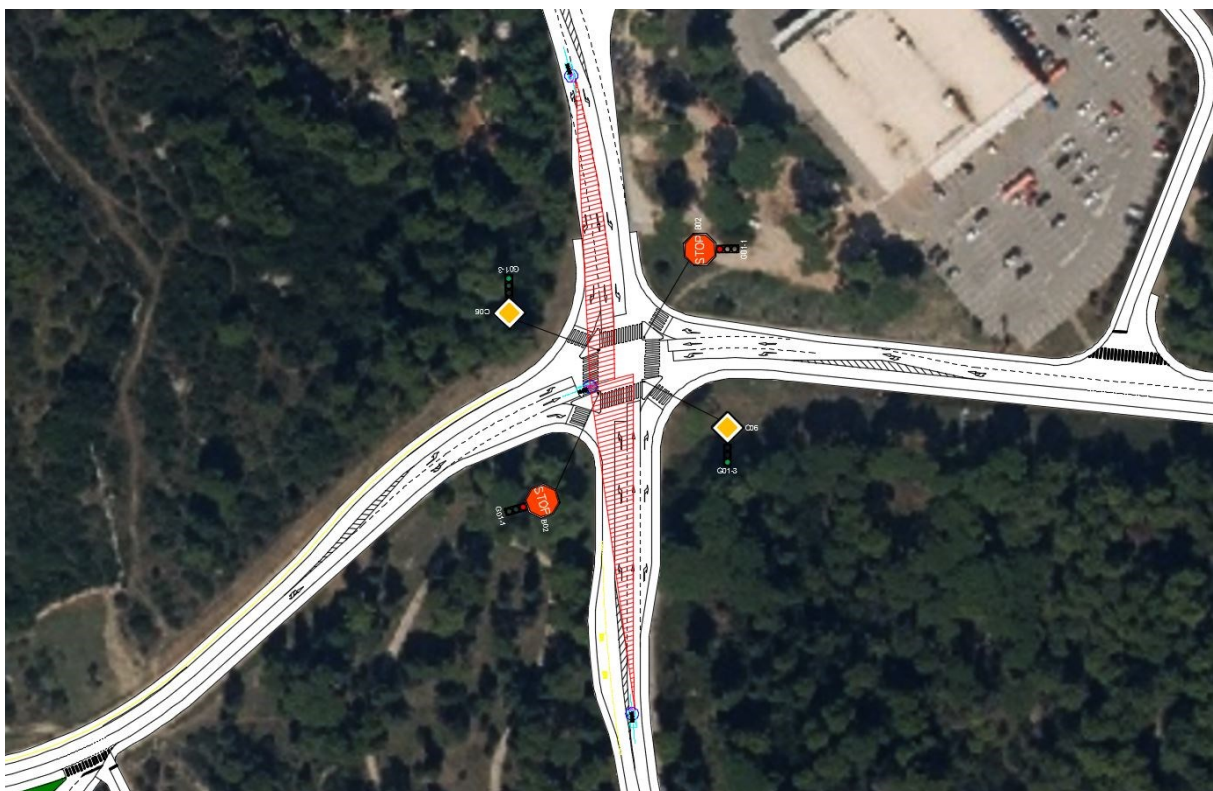
S obzirom na to da 85 percentilna brzina na području predmetnog raskrižja iznosi 60 km/h, potrebna duljina privozne preglednosti I_{p3} u tom slučaju iznosi 85 metara. Na slikama 3.23. i 3.24. crvenom bojom prikazat će se potrebna polja preglednosti na predmetnom raskrižju za sigurno uključivanje vozila sa sporednih privoza u glavni prometni tok. Iz prethodno navedenih slika je vidljivo kako je na predmetnom raskrižju osigurana dostatna privozna preglednost za oba sporedna privoza.

⁴¹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 84.



Slika 3.23. Polja preglednosti u okviru privozne preglednosti za privoz 2

Izvor: Izradio autor



Slika 3.24. Polja preglednosti u okviru privozne preglednosti za privoz 4

Izvor: Izradio autor

3.6. Analiza signalnog plana semaforiskog uređaja

U okviru analize signalnog plana semaforiskog uređaja utvrdit će se oblik upravljanja prometnim svjetlima na raskrižju, položaj svjetlosnih signala u sklopu predmetnog raskrižja, raspored odvijanja faza, signalne grupe u okviru pojedine faze te trajanje svih elemenata signalnog plana kako bi se naposljetku mogao prikazati cjelokupan signalni plan semaforizacije za predmetno raskrižje.

Za analizu signalnog plana semaforiskog uređaja neophodno je dobro poznavati sljedeće pojmove⁴²:

Signalni plan - definira se kao pregled (dispozicija) trajanja pojedinih svjetlosnih signalnih pojmova za pojedinu signalnu grupu.

Signalni ciklus - je vremenski period potreban da se obavi cijela sekvenca izmjene definiranih signalnih faza. Može se definirati i kao trajanje jednostrukog isteka signalnog plana.

Signalna faza - predstavlja dio ciklusa u kojem pojedini prometni tokovi istovremeno imaju slobodan prolaz, mogu je sačinjavati jedna ili više signalnih grupa.

Signalni pojam - definira se kao stanje koje signalni uređaj (semafor) može prikazati. Za cestovnu prometnu signalizaciju postoje sljedeći signalni pojmovi: crveno svjetlo, žuto svjetlo, zeleno svjetlo, crveno-žuto svjetlo te treptajuće žuto svjetlo.

Zaštitno međuvrijeme - je vremenski period između dvije konfliktne signalne grupe koje slijede uzastopno tj. vrijeme između završetka zelenog signalnog pojma jedne signalne grupe i početka zelenog signalnog pojma konfliktne signalne grupe.

Izgubljeno vrijeme - je vrijeme koje nastaje uslijed svih oblika zapreka kretanja odnosno dio ciklusa tijekom kojeg sudionicima nije dozvoljen prolaz. Računa se kao iznos zaštitnog međuvremena između dvije konfliktne signalne grupe umanjen za jednu sekundu.

⁴² Vujić, M., Dedić, L.: Cestovna telematika – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Upravljanje prometnim svjetlima na raskrižju može biti⁴³:

- vremenski ustaljeno upravljanje
- upravljanje poluovisno o prometu
- upravljanje potpuno ovisno o prometu

Vremenski ustaljeno upravljanje⁴⁴ – podrazumijeva takav način upravljanja kod kojeg su vremenske duljine trajanja svih elemenata signalnog plana unaprijed definirane. Različite prometne potražnje tijekom dana (vremenska neravnomjernost) zadovoljavaju se tako da se za pojedine dijelove dana odnosno vršna i izvanvršna razdoblja definiraju različiti signalni planovi koji se izmjenjuju s obzirom o kojem prethodno navedenom razdoblju se radi.

Upravljanje poluovisno o prometu⁴⁵ – podrazumijeva takav način upravljanja kod kojeg se prednost daje vozilima na glavnom pravcu. Prometno svjetlo na glavnom pravcu prikazuje zeleni signalni pojam sve dok detektor smješten na sporednom privozu ne detektira prisustvo vozila što dovodi do promijene faze. Ovakav oblik upravljanja primjenjuje se na raskrižjima gdje postoji značajna razlika u opterećenju između glavnog i sporednog toka.

Upravljanje potpuno ovisno o prometu⁴⁶ – podrazumijeva takav način upravljanja kojim se signalni plan prilagođava trenutačnoj prometnoj potražnji. U ovom slučaju za sve signalne grupe definirane su minimalna i maksimalna trajanja zelenih vremena. Ovakav oblik upravljanja zahtjeva postavljanje detektora na svim privozima. Zadatak detektora je detektirati prisustvo vozila na pojedinom privozu kako bi se odredila prometna potražnja. Upravljanje se vrši pomoću programiranog algoritma, koji putem detektora i pješačkih tipki analizira postojeću situaciju na raskrižju i kroz niz uvjeta upravlja prometnim svjetlima.

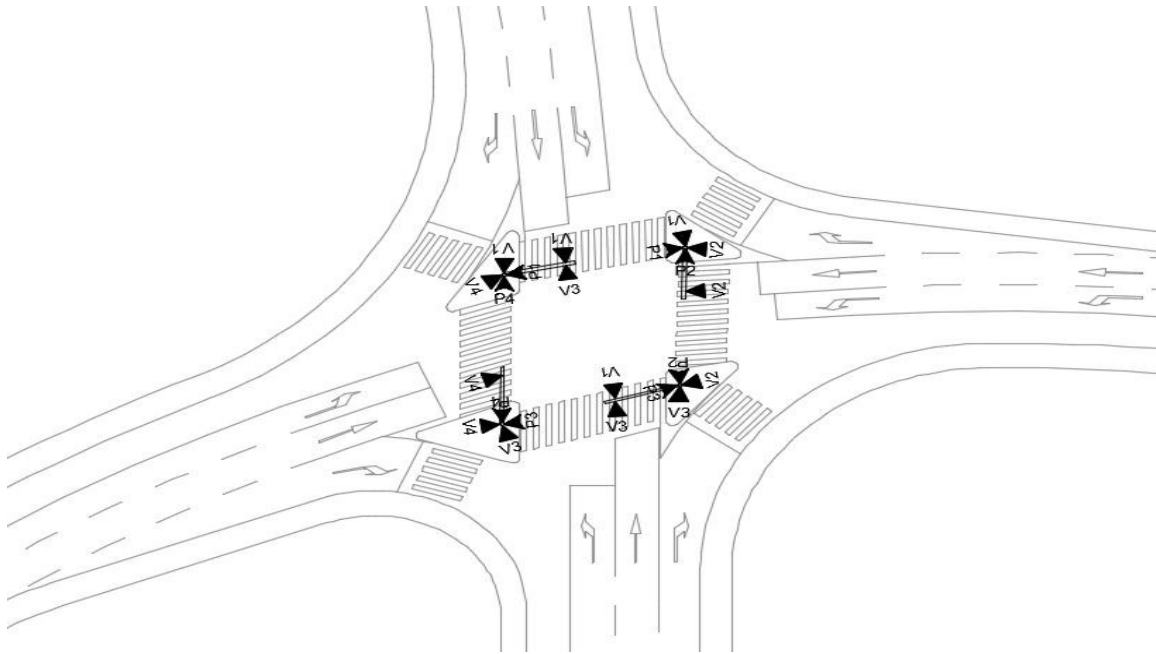
Na predmetnom raskrižju upravljanje prometnim tokovima vrši se pomoću svjetlosne prometne signalizacije te se radi o vremenski ustaljenom upravljanju. Semaforski rad reguliran je s osam signalnih grupa, četiri faze i jednim fiksnim signalnim planom koji je isti tijekom cijelog dana. Položaj prometnih svjetala na predmetnom raskrižju prikazat će se na slici 3.25. Signalne grupe odnosno prometna svjetla namijenjena za vozila označit će se na navedenoj slici slovom V, a prometna svjetla namijenjena za pješake slovom P.

⁴³ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 25.

⁴⁴ *Ibid*

⁴⁵ *Ibid*

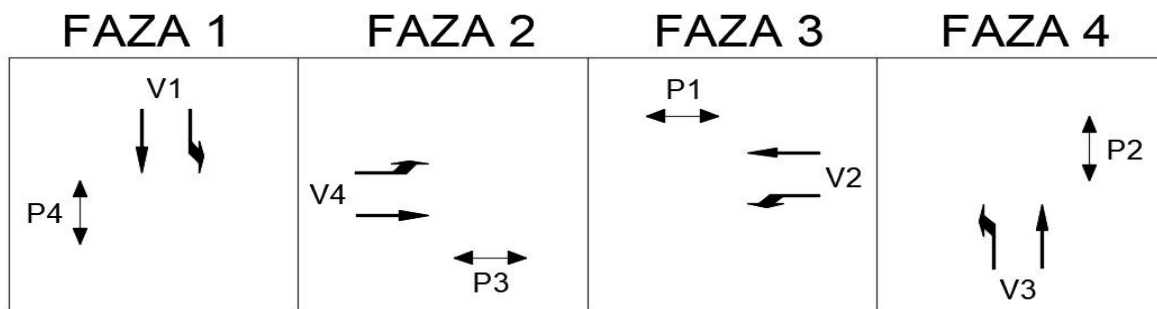
⁴⁶ *Ibid*



Slika 3.25. Položaj prometnih svjetala – postojeće stanje

Izvor: Izradio autor

U nastavku analize signalnog plana semaforškog uređaja prikazat će se redosljed faza.



Slika 3.26. Raspored izmjene signalnih grupa u postojećem signalnom planu

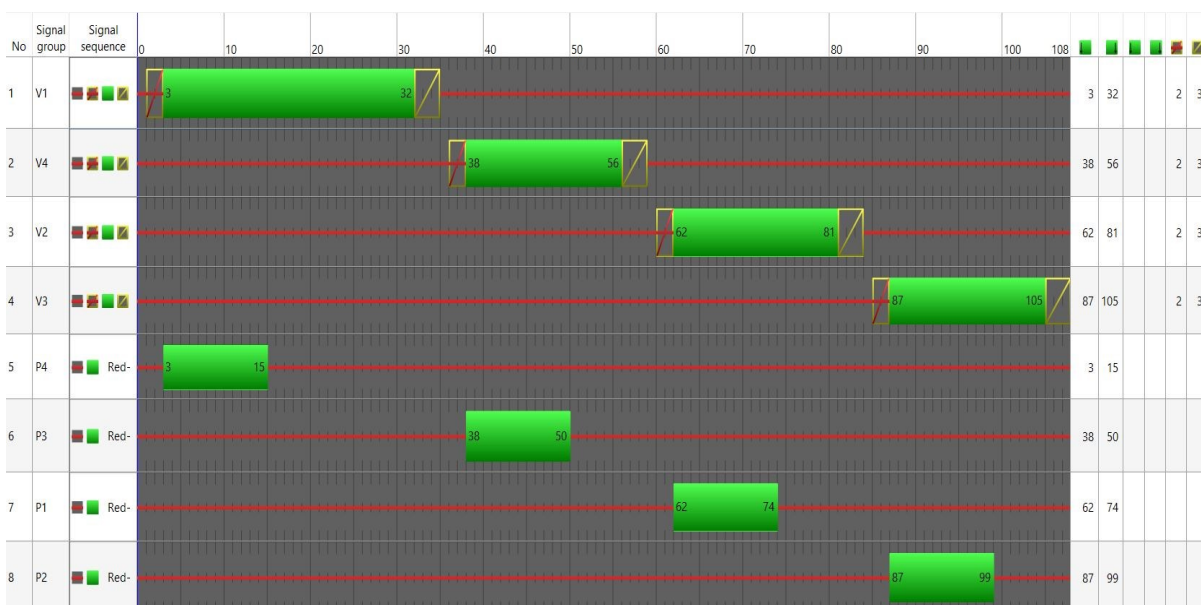
Izvor: Izradio autor

Na slici 3.26. prikazuje se slijed faza odnosno raspored izmjene signalnih grupa u postojećem signalnom planu. U prvoj fazi slobodan prolazak ima vozačka signalna grupa V1 (privoz 1) i pješačka signalna grupa P4 (privoz 4). Vozačkoj signalnoj grupi V4 (privoz 4) i pješačkoj signalnoj grupi P3 (privoz 3) pravo prolaska dodjeljuje se u drugoj fazi. U trećoj fazi prvenstvo prolaska ima vozačka signalna grupa V2 (privoz 2) i pješačka signalna grupa P1 (privoz 1). Vozačkoj signalnoj grupi V3 (privoz 3) i pješačkoj signalnoj grupi P2 (privoz 2) pravo prolaska dodjeljuje se u posljednjoj odnosno četvrtoj fazi. Vozačke signalne grupe odnose se na vozila koja zadržavaju smjer kretanja i za lijeve skretače, dok su desni skretači izolirani odnosno njihovo uključivanje u prometni tok regulirano je prometnim znakom.

Tablica 3.31. Podaci o trajanju signalnih pojmova za pojedinu signalnu grupu

RED. BROJ	SIGNALNA GRUPA	TRAJANJE ZELENOG SIGNALNOG POJMA [s]	TRAJANJE CRVENOG SIGNALNOG POJMA [s]	TRAJANJE ŽUTOG SIGNALNOG POJMA [s]	TRAJANJE CRVENO - ŽUTOG SIGNALNOG POJMA [s]	TRAJANJE CIKLUSA [s]
VOZAČKE SIGNALNE GRUPE						
1	V1	29	74	3	2	108
2	V2	18	85			
3	V3	19	84			
4	V4	18	85			
PJEŠAČKE SIGNALNE GRUPE						
1	P1	12	96	/	/	108
2	P2					
3	P3					
4	P4					

Izvor: Izradio autor



Slika 3.27. Signalni plan semafora sustava predmetnog raskrižja

Izvor: Izradio autor

Iz tablice 3.31. i slike 3.27. vidljivo je kako trajanje ciklusa iznosi 108 sekundi. Trajanje žutog signalnog pojma iznosi 3 sekunde, a crveno-žutog signalnog pojma 2 sekunde u svim fazama. Trajanje zelenog signalnog pojma za vozačke signalne grupe kreće se od 18 do 29 sekundi ovisno o signalnoj grupi odnosno fazi, dok trajanje zelenog signalnog pojma za sve pješačke signalne grupe odnosno u svim fazama iznosi 12 sekundi. Zaštitna međuvremena između konfliktnih signalnih grupa iznose 6 sekundi. Ukupno izgubljeno vrijeme u ciklusu iznosi 20 sekundi.

3.7. Analiza sustava javnog prijevoza putnika

Javni prijevoz putnika u Gradu Zadru čine autobusi i taxi prijevoz. Javni prijevoz autobusima odvija se kao gradski, prigradski i otočni prijevoz. Autobusnim prijevozom u Gradu Zadru upravlja komunalno poduzeće Liburnija d.o.o. kojemu je većinski vlasnik Grad Zadar. Navedeno poduzeće na dan 31. prosinca 2020. godine ima 241 zaposlenog radnika te 87 registriranih autobusa prosječne starosti 9,6 godina.⁴⁷

Starosna struktura gradskih autobusa prikazuje se u tablici 3.32. i iznosi 5,9 godina.⁴⁸

Tablica 3.32. Starosna struktura gradskih autobusa

Marka i tip vozila	Količina autobusa	do 5 godina	6 - 10 godina	11 - 15 godina	Prosječna starost
Mercedes O530 Citaro	14	5	3	6	8,0
Iveco Urbanway	6	6	0	0	1,0
UKUPNO	20	11	3	6	5,9

Izvor: https://www.liburnija-zadar.hr/docs/Izvje_e_o_radu_za_2020_godinu.pdf [Pristupljeno; srpanj 2021.]

Starosna struktura prigradskih autobusa prikazuje se u tablici 3.33. i iznosi 10,2 godine.⁴⁹

Tablica 3.33. Starosna struktura prigradskih autobusa

Marka i tip vozila	Količina autobusa	do 5 godina	6 - 10 godina	11 - 15 godina	16 - 20 godina	Prosječna starost
Irisbus	22	20	2	0	0	1,9
Mercedes	14	0	0	1	13	17,5
Man	17	0	0	11	6	14,6
Neoplan	1	0	0	0	1	18,0
Setra	1	0	1	0	0	9,0
UKUPNO	55	20	3	12	20	10,2

Izvor: https://www.liburnija-zadar.hr/docs/Izvje_e_o_radu_za_2020_godinu.pdf [Pristupljeno; srpanj 2021.]

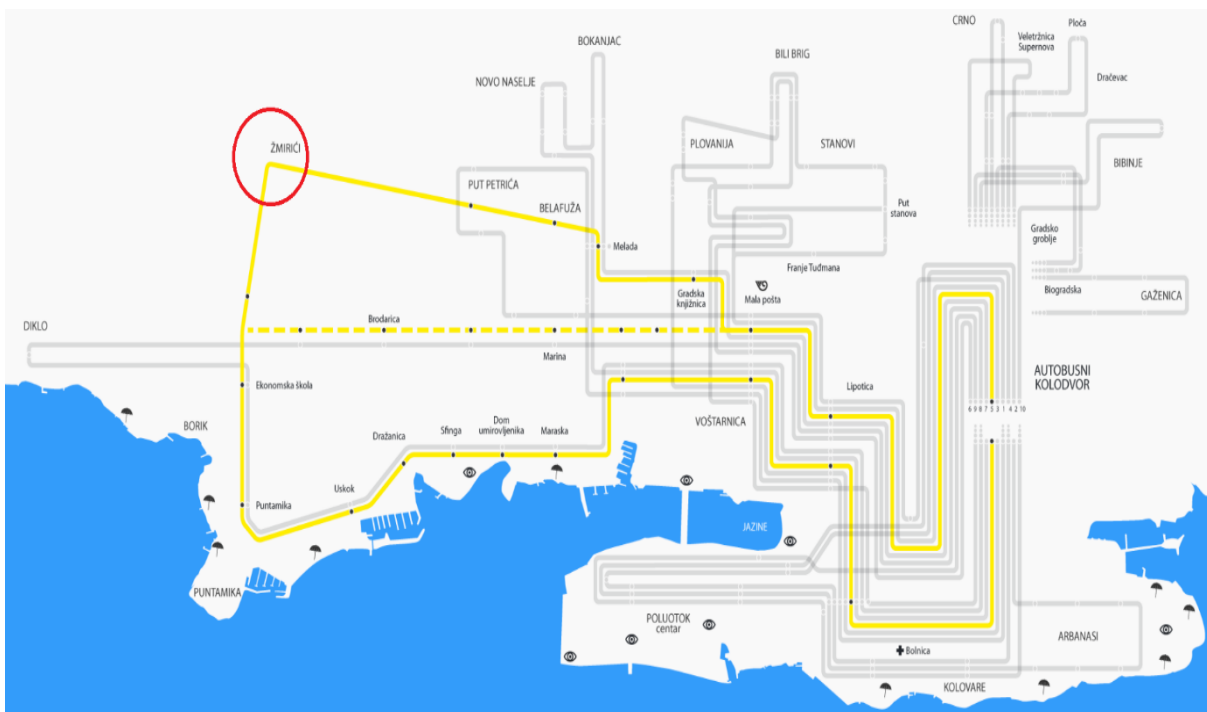
⁴⁷ Izvješće o radu za 2020. godinu, Liburnija d.o.o., str. 11. Preuzeto sa: https://www.liburnija-zadar.hr/docs/Izvje_e_o_radu_za_2020_godinu.pdf [Pristupljeno; srpanj 2021.]

⁴⁸ *Ibid*

⁴⁹ *Ibid*, str. 12.

Mrežu linija javnog gradskog prijevoza putnika u Gradu Zadru sačinjava 15 autobusnih linija. Javni gradski prijevoz autobusima građanima je na raspolaganju od 5:00 h do 24:00 h, izuzev turističke sezone kad autobusi prometuju od 5:00 h do 2:00 h idućeg dana. Svaka od prethodno navedenih 15 linija polazi i završava na autobusnom kolodvoru. Učestalost polazaka odnosno frekvencija autobusa prilagođena je prometnoj potražnji koja je najveća tijekom radnih dana, dok je vikendom i blagdanima znatno manja s obzirom na to da većina zaposlenika ne ide na posao kao i učenika/studenata u školu/faks. Svakodnevno u javnom gradskom prijevozu posao obavlja ukupno 43 vozača koji dnevno ostvare oko 4000 km.⁵⁰

Predmetnim raskrižjem u okviru javnog gradskog prijevoza putnika položena je trasa autobusne linije broj 5. (Kolodvor - Mala Pošta - Žmirići - Puntamika). Autobusi krećući se definiranom trasom linije kroz predmetno raskrižje obavljaju manevar iz privoza 3 u privoz 4 odnosno dolaze ulicom Put Nina i skreću u ulicu Put Matije Gupca. Na navedenoj liniji tijekom radnog dana prometuje jedan autobus koji napravi 14 obrta. Na slici 3.28. žutom bojom prikazat će se autobusna linija broj 5, dok će se crvenim krugom označiti položaj predmetnog raskrižja na mreži linija.



Slika 3.28. Autobusna linija Kolodvor - Mala Pošta - Žmirići - Puntamika

Izvor: <https://www.liburnija-zadar.hr/karta/index.php> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

⁵⁰ Izvješće o radu za 2020. godinu, Liburnija d.o.o., str. 20-21. Preuzeto sa: https://www.liburnija-zadar.hr/docs/Izvje_e_o_rad_u_za_2020_godinu.pdf [Pristupljeno; srpanj 2021.]

U sklopu privoza 4 kao statički element prethodno navedene autobusne linije pozicionirano je autobusno stajalište s desne strane kolnika odnosno u smjeru kretanja istok-zapad. Navedeno autobusno stajalište je smješteno na udaljenosti 350 m od predmetnog raskrižja. Stajalište je dimenzionirano za projektnu brzinu od 40 km/h u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07) te je u potpunosti opremljeno (nadstrešnica, klupa, koš za smeće, vozni red, tarifa). Autobusno stajalište na privozu 4 prikazati će se na slici 3.29.



Slika 3.29. Autobusno stajalište - Privoz 4

Izvor: Izradio autor

Prigradski (županijski) prijevoz putnika autobusima na području Zadarske županije organiziran je pomoću 30 prigradskih autobusnih linija. Na poslovima prigradskog prijevoza putnika svakodnevno je angažirano 50 vozača koji dnevno ostvare oko 10000 kilometara. Broj polazaka za pojedino odredište u županiji direktno je vezan s brojem stanovnika odnosno brojem putnika.⁵¹

⁵¹ Izvješće o radu za 2020. godinu, Liburnija d.o.o., str. 22-23. Preuzeto sa: https://www.liburnija-zadar.hr/docs/Izvje_e_o_rad_u_za_2020_godinu.pdf [Pristupljeno; srpanj 2021.]

Predmetnim raskrižjem u okviru prigradskog (županijskog) prijevoza putnika trasirane su sljedeće autobusne linije:

- Zadar - Kožino Primorje (4 polaska)
- Zadar - Nin - Zaton (18 polazaka)
- Zadar - Petrčane (12 polazaka)
- Zadar - Privlaka (15 polazaka)
- Zadar - Vir (11 polazaka)
- Zadar - Vrsi (10 polazaka)

Autobusi krećući se trasama svih gore navedenih prigradskih linija kroz predmetno raskrižje zadržavaju smjer kretanja iz privoza 3 u privoz 1 i obratno. U sklopu privoza 3 smješteno je autobusno stajalište namijenjeno za obavljanje ukrcaja i iskrcaja putnika koji prometuju na gore navedenim prigradskim linijama. Navedeno stajalište je smješteno na udaljenosti od 20 m nakon predmetnog raskrižja s desne strane kolnika odnosno u smjeru kretanja sjever-jug. Stajalište je dimenzionirano za projektnu brzinu od 40 km/h u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07). Nedostatak ovog autobusnog stajališta je taj što nije opremljeno prostorom za putnike (nadstrešnica, klupa, koš za smeće, vozni red i tarifa). Autobusno stajalište na privozu 3 prikazat će se na slici 3.30.



Slika 3.30. Autobusno stajalište - Privoz 3

Izvor: Izradio autor

3.8. Analiza parkirališnih površina

Na području uže zone obuhvata nalaze se tri površine na kojima sudionici u cestovnom prometu obavljaju radnje parkiranja motornih vozila. Jedna parkirališna površina nalazi se u sklopu trgovačkog centra „Plodine“, druga u sklopu postaje za opskrbu motornih vozila gorivom „Shell“ i treća s istočne strane privoza D306. Ulično parkiranje na području uže zone obuhvata ne postoji, te je na kolniku svih privoza zabranjeno zaustavljanje i parkiranje. Na slici 3.31. crvenom bojom prikazat će se položaj prethodno navedenih parkirališnih površina.



Slika 3.31. Položaj parkirališnih površina na području uže zone obuhvata

Izvor: Izradio autor

Parkirališna površina u sklopu trgovačkog centra „Plodine“, površine oko 4800 km² u vlasništvu je tvrtke Plodine d.d. i sastoji se od 153 parkirnih mjesta od kojih je 6 namijenjeno za osobe s invaliditetom. Sva parkirališna mjesta namijenjena su za okomiti način parkiranja te su izvedena u dimenzijama 5 x 2,5 m. Navedenu parkirališnu površinu u većini slučajeva koriste posjetioци i zaposlenici navedenog trgovačkog centra. Na slici 3.32. prikazat će se parkirališna površina u sklopu trgovačkog centra „Plodine“.



Slika 3.32. Parkirališna površina 1

Izvor: Izradio autor

U sklopu postaje za opskrbu motornih vozila gorivom „Shell“ nalazi se 6 parkirnih mjesta od kojih su 2 namijenjena za osobe s invaliditetom. Parkirališna mjesta namijenjena su za okomiti način parkiranja te su izvedena u dimenzijama 5 x 2,5 m. Ova parkirna mjesta rezervirana su isključivo za korisnike sadržaja u sklopu navedene postaje. Na slici 3.33. prikazat će se parkirališna površina u sklopu postaje za opskrbu motornih vozila gorivom „Shell“.



Slika 3.33. Parkirališna površina 2

Izvor: Izradio autor

Treća površina na kojoj je moguće obaviti radnju parkiranja je neuređena površina koja se nalazi sa sjeverno-zapadne strane predmetnog raskrižja omeđena privozima 1 i 2. Površina prethodno navedenog područja iznosi oko 5200 m² te je dijelom u vlasništvu Grada Zadra, a dijelom u vlasništvu Republike Hrvatske. Ovu površinu koriste radnici prethodno navedene postaje za opskrbu motornih vozila gorivom kao i radnici trgovačkog centra „Plodine“ te ostali građani u različite svrhe. Na slici 3.34. prikazat će se navedena neuređena parkirališna površina.



Slika 3.34. Parkirališna površina 3

Izvor: Izradio autor

3.9. Zaključak analize postojećeg stanja

Uvidom u dokumente prostornog uređenja u sklopu analize prostorno planske dokumentacije dolazi se do zaključka kako se na širem području zone obuhvata već dugi niz godina planira izgradnja nove obilaznice kojom bi se rasteretila kako postojeća gradska obilaznica tako i predmetno raskrižje. S obzirom na to da je izgradnja nove obilaznice složeni pothvat koji zahtjeva niz prometnih studija, velika investicijska ulaganja te dugo vremensko razdoblje za realizaciju, izrađen je detaljni plan uređenja uže zone obuhvata kojim bi se riješila problematika predmetnog raskrižja do realizacije nove gradske obilaznice. Detaljnim planom uređenja uže zone obuhvata planira se rekonstrukcija postojećeg raskrižja u smislu dodavanja dodatnih prometnih trakova čime bi se značajno povećao kapacitet postojećeg stanja.

Analizom prometne infrastrukture utvrđeno je da se unutar uže zone obuhvata odvija isključivo cestovni motorizirani i nemotorizirani promet kao vid prometa. Također je utvrđeno da se radi o četverokrakom raskrižju u razini na kojemu se prometnim tokovima upravlja pomoću prometnih svjetala odnosno semafora. Sva četiri privoza su dvosmjerni privozi. Privozi 1 i 3 sastoje se od tri ulazna prometna traka i jednog izlaznog prometnog traka, dok se privozi 2 i 4 sastoje od dva ulazna prometna traka i jednog izlaznog prometnog traka. Glavni prometni tok predstavlja smjer sjever-jug odnosno privozi 1-3, dok sporedni tok čine privozi 2-4 odnosno smjer istok-zapad. Svi projektno oblikovni elementi dimenzionirani su u skladu s pravilima struke što rezultira nesmetanim odvijanjem prometnih tokova na području uže zone obuhvata. Nedostatak predmetnog raskrižja u vidu prometne infrastrukture jest izostanak pješake staze odnosno nogostupa u sklopu privoza 1 te dotrajalost kolničkog zastora.

Provedena analiza prometnih tokova temelji se na statičkom brojanju prometnih tokova koji su snimani kamerom nakon čega je obrađen videozapis te su naposljetku dobiveni podaci uneseni u brojačke listiće. Na temelju povijesnih podataka o brojanju prometa s brojačkog mjesta 4808 koje se nalazi u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja u sklopu privoza 1, utvrđeno je mjerodavno vremensko razdoblje za brojanje prometa odnosno vršni sat. Analizom prethodno navedenih povijesnih podataka utvrđeno je kako se većina od 200 najopterećenijih sati u godini ostvari početkom mjeseca kolovoza, dan petak, u vremenskom period od 10:00 do 11:00 sati i od 19:00 do 20:00 sati. Na temelju tih spoznaja, za potrebe izrade ovog diplomskog rada, obavljeno je brojanje prometa na dan 6. kolovoza 2021. godine za jutarnji i poslijepodnevni vršni sat kroz četiri 15 minutna intervala. Analizom prometnih tokova dolazi se do zaključka kako je predmetno raskrižje opterećenije tijekom jutarnjeg vršnog sata, stoga će se prilikom predlaganja idejnog rješenja kao mjerodavni podaci o prometom opterećenju koristiti podaci dobiveni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu. Prometno opterećenje predmetnog raskrižja u jutarnjem vršnom satu iznosi 2658 voz/h odnosno 2828 EJA/h. Što se tiče distribucije prometnih tokova, najopterećeniji manevri su 2-1, 1-2 i 1-3. Prometne tokove u sklopu predmetnog raskrižja u jutarnjem vršnom satu sačinjavaju osobna vozila sa 90,37%, teretna vozila sa 6,10%, motocikli sa 3,01% i busevi sa 0,53%.

U sklopu analize prometne signalizacije analizirana je usklađenost prometnih znakova, oznaka na kolniku te prometnih svjetala s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Od ukupno sedamdeset i šest analiziranih prometnih znakova, samo njih osamnaest jest postavljeno u skladu s prethodno navedenim Pravilnikom. Podatak da je više od tri četvrtine prometnih znakova na području uže zone obuhvata postavljeno neispravno je

veoma poražavajući s obzirom na činjenicu da pravilno postavljena prometna signalizacija uvelike doprinosi sigurnosti cestovnog prometa. Analizom oznaka na kolniku utvrđeno je kako su sve oznake na kolniku u smislu konfiguracije i širine odnosno dužine postavljene u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Jedini nedostatak što se tiče oznaka na kolniku je dotrajalost tj. smanjena vidljivost pa je poželjno da se iste obnove prije početka turističke sezone. U sklopu analize prometne signalizacije, analizirana su dvadeset i dva prometna svjetla, od čega je njih šesnaest namijenjeno za motorizirani promet, a njih osam za nemotorizirani promet. Sva prometna svjetla su ispravna i postavljena u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

U sklopu analize sigurnosti odvijanja prometnih tokova analizirane su prometne nesreće, konfliktne točke i preglednost na predmetnom raskrižju. Provedena analiza prometnih nesreća temelji se na povijesnim podacima o događajima prometnih nesreća na području uže zone obuhvata dobivenim od Policijske uprave zadarske. S obzirom na raspršenost prometnih nesreća na području uže zone obuhvata, prometne nesreće su grupirane prema sedam najučestalijih lokacija. Navedenom analizom utvrđeno je kako se u posljednjih pet godina na području uže zone obuhvata dogodilo pedeset i osam prometnih nesreća. Broj nastradalih osoba u prometnim nesrećama na području uže zone obuhvata iznosi dvadeset i sedam, od čega je dvadeset i pet lako ozlijeđenih i dvoje teško ozlijeđenih. Veoma važno je za naglasiti da u posljednjih pet analiziranih godina na području uže zone obuhvata nije smrtno stradala niti jedna osoba u prometnim nesrećama. Najveći broj prometnih nesreća dogodio se tijekom ljetnih mjeseci kada je promatrano područje prometno najopterećenije. Prema vrsti prometnih nesreća, najveći udio odnosi se na sudar dvaju vozila prilikom vožnje u slijedu, zatim slijetanje vozila s ceste te sudar dvaju vozila u pokretu iz suprotnih smjerova. Što se tiče uzroka nastanka prometnih nesreća, prema policijskim službenim informacijama vozač je odgovoran za 91% nastalih prometnih nesreća, dok se preostalih 9% odnosi na ostale uzroke u koje spadaju pojave na cesti i/ili vozilima na koje vozač ne može utjecati. Glavni uzrok nastanka prometne nesreće je vožnja na nedovoljnoj udaljenosti koju slijedi kako nepropisna tako i neprilagođena brzina uvjetima na cesti. Analizom konfliktnih točaka utvrđeno je kako se u sklopu predmetnog raskrižja odvijanjem prometnih tokova generiraju sveukupno 32 konfliktne točke, od kojih je 16 točaka križanja, 8 točaka isplitanja i 8 točaka uplitanja. U okviru preglednosti analizirana je zaustavna preglednost, preglednost kod približavanja i privozna preglednost. Analizom prethodno navedenih tipova preglednosti utvrđeno je kako je osigurana dostatna preglednost na svim privozima za sve tipove preglednosti.

Analizom signalnog plana semaforiskog uređaja utvrđeno je kako se na predmetnom raskrižju radi o vremenski ustaljenom upravljanju kod kojeg se upravljanje prometnih tokova vrši uporabom jednog fiksnog signalnog plana tijekom cijelog dana. Semaforiski rad reguliran je s osam signalnih grupa, četiri faze i jednim signalnim planom. Trajanje ciklusa iznosi 108 sekundi. Prioritet se daje vozačkoj signalnoj grupi V1 (Privoz 1) što je i realno s obzirom na to da se radi o najopterećenijem privozu. Trajanje žutog signalnog pojma iznosi 3 sekunde, a crveno-žutog 2 sekunde. Zaštitno međuvrijeme između konfliktnih grupa iznosi 6 sekundi, dok ukupno izgubljeno vrijeme u ciklusu iznosi 20 sekundi.

Provedenom analizom sustava javnog prijevoza putnika utvrđeno je kako se na području uže zone obuhvata obavlja javni gradski i prigradski prijevoz putnika. Predmetnim raskrižjem u sklopu javnog prijevoza putnika položene su trase jedne gradske autobusne linije te šest prigradskih autobusnih linija. Krećući se prethodno navedenim trasama autobusnih linija, dio autobusa zadržava smjer kretanja kroz predmetno raskrižje tj. kreću se iz privoza 1 u privoz 3 i obratno, dok dio autobusa obavlja lijevo skretanje iz privoza 3 u privoz 4 odnosno manevar 3-4. Navedene manevre koje obavljaju vozila javnog prijevoza putnika prilikom prolaska kroz predmetno raskrižje potrebno je uzeti u obzir prilikom predlaganja idejnog rješenja, odnosno potrebno je osigurati nesmetan prolazak vozilima javnog prijevoza putnika. Na području uže zone obuhvata nalaze se dva autobusna stajališta, jedno u sklopu privoza 3 i drugo u sklopu privoza 4. Oba stajališta izvedena su u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07).

Analizom parkirališnih površina utvrđeno je kako se na području uže zone obuhvata nalaze tri lokacije na kojima vozači motornih vozila izvode radnje parkiranja. Jedna parkirališna površina nalazi se u sklopu trgovačkog centra „Plodine“, druga u sklopu postaje za opskrbu motornih vozila gorivom „Shell“ i treća sjeverno-istočno od predmetnog raskrižja tj. između privoza 1 i privoza 2. Na sve tri prethodno navedene lokacije parkiranje se obavlja bez naplate. Ulično parkiranje ne postoji te se na kolniku svih privoza zabranjuje parkiranje i zaustavljanje.

Na predmetnom raskrižju utvrđena su zagušenja tijekom vršnih vremena, naročito u ljetnom vremenskom periodu, koja se očituju dugim repovima čekanja odnosno vremenima kašnjenja na svim privozima. Iscrpno provedenom analizom postojećeg stanja utvrđeni su konkretni nedostaci odnosno problematika odvijanja prometnih tokova na području uže zone obuhvata i to s aspekta propusne moći i s aspekta sigurnosti.

S aspekta propusne moći, uzrok nastanka zagušenja odnosno niske razine uslužnosti je potkapacitiranost privoza tj. preveliki intenzitet prometnih tokova s obzirom na kapacitet postojećeg stanja. Problem prvenstveno predstavlja nedostatak dodatnih provoznih prometnih trakova na svim privozima, a zatim i izostanak posebnih prometnih trakova za desne skretače kao i nedovoljno dugački prometni trakovi za lijeve skretače na privozima 2 i 4.

S aspekta sigurnosti, utvrđeni su sljedeći nedostaci i problematika trenutačnog odvijanja prometnih tokova. Analizom prometne infrastrukture utvrđen je izostanak pješačke staze u sklopu privoza 1 te dotrajalost gornjeg sloja kolničkog zastora na području uže zone obuhvata. Što se tiče prometne signalizacije, utvrđena je dotrajalost oznaka na kolniku kao i ne ispravnost 76% postavljenih prometnih znakova. Rezultati analize prometne signalizacije su veoma poražavajući s obzirom na činjenicu da ispravno postavljena prometna signalizacija u velikoj mjeri utječe na sigurnost cestovnog prometa. Iscrpnom analizom prometnih nesreća, dolazi se do zaključka kako se velika većina prometnih nesreća događa upravo zbog dugih repova čekanja odnosno zbog dugotrajnih stani-kreni vožnji koje uzrokuju pad koncentracije vozača što u većini slučajeva rezultira naletom na stražnji dio vozila ispred sebe prilikom vožnje u slijedu. Osim navedenog problema, veliki dio prometnih nesreća događa se i zbog negativnog utjecaja koji ima samoposlužna autopraonica u kombinaciji s ishabanim gornjim slojem kolničkog zastora na sigurnost odvijanja prometnih tokova u sklopu privoza 3. Sustavnim rješenjem prethodno navedenih nedostataka u velikoj mjeri bi se smanjio broj prometnih nesreća što bi u konačnici rezultiralo povećanjem razine sigurnosti odvijanja prometnih tokova.

4. PROGNOZA PROMETA

Prognoza prometa definira se kao prognoziranje buduće prometne potražnje odnosno budućeg intenziteta, distribucije i strukture prometnih tokova na prometnoj mreži. Osnovni ulazni parametri na kojima se temelji prometna prognoza su⁵²:

- postojeći intenzitet prometnih tokova,
- demografska analiza,
- stupanj motorizacije (broj vozila po stanovniku),
- ekonomska analiza (BDP) i
- razvoj aktivnosti na određenom području.

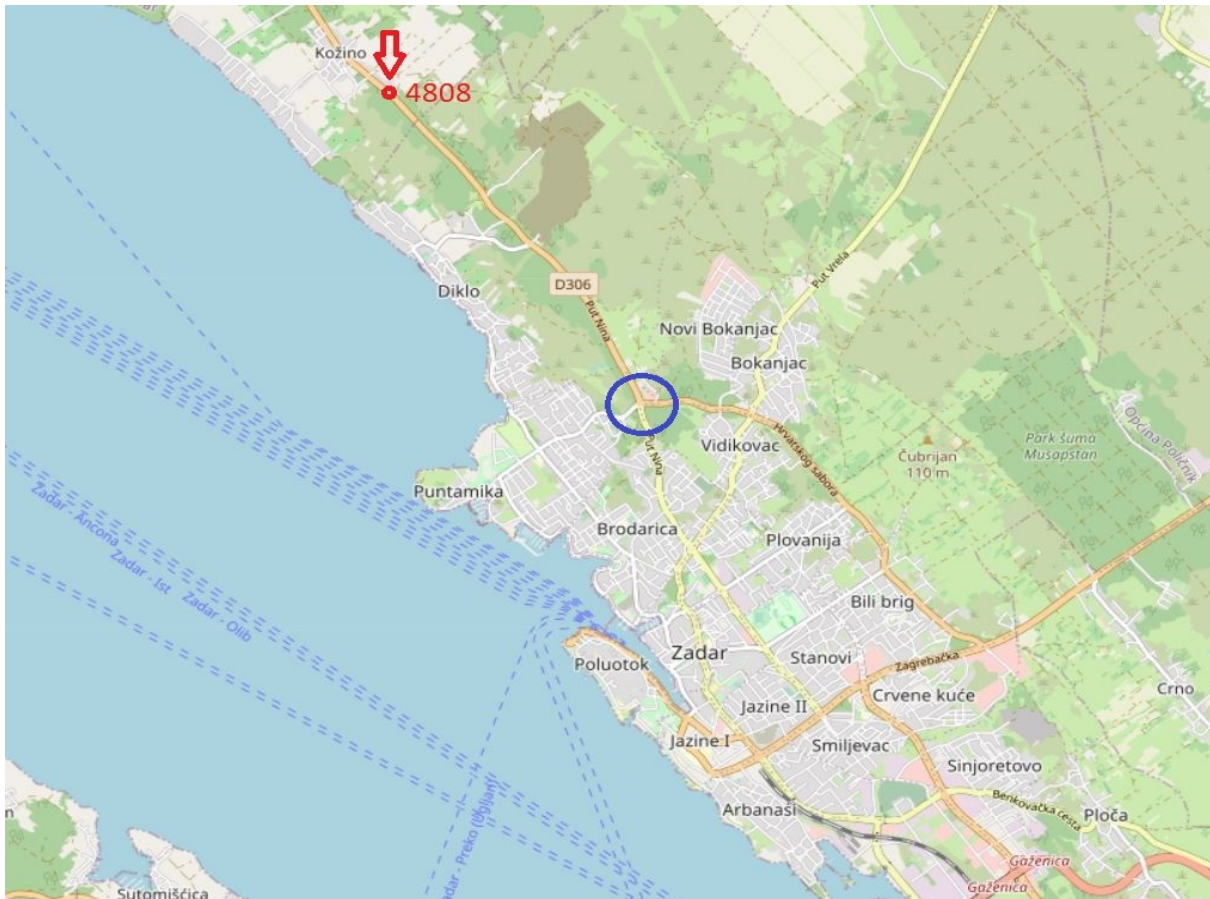
Neophodno je uzeti u obzir cjelokupan popis prethodno navedenih parametara prilikom izrade prometnih studija većih područja poput gradova, naselja i sl. Prognoza prometa u ovom diplomskom radu, provesti će se na temelju podataka o postojećem intenzitetu prometnih tokova, s obzirom na to da je predmet ovog diplomskog rada optimizacija prometnih tokova na manjem području tj. cestovnom čvorištu. Postojeći intenzitet prometnih tokova moguće je definirati kao krajnji rezultat varijacije svih prethodno navedenih parametara.

U sklopu prognoze prometa, analizirat će se povijesni podaci o intenzitetu prometnih tokova s brojačkog mjesta 4808 i to u cilju utvrđivanja trenda rasta odnosno pada prometa. Hrvatske ceste d.o.o. provode neprekidno automatsko brojanje prometa diljem Republike Hrvatske pa tako i na državnoj cesti D306 u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja. Prilikom prognoze prometa, koristit će se podaci o prosječnom ljetnom dnevnom prometu, s obzirom na to da se problem vezan uz propusnu moć predmetnog raskrižja javlja u ljetnim mjesecima.

Svrha prognoze prometa je prognozirati buduću prometnu potražnju kako prilikom izrade idejnog prometno rješenja ne bi došlo do predimenzioniranja zahvata s jedne strane, što bi uzrokovalo nepotrebne ekonomske troškove ili poddimenzioniranja s druge strane, što bi uzrokovalo nisku razinu usluge u bližoj budućnosti. Kod većih zahvata preporuka je prognozirati prometnu potražnju za vremensko razdoblje od 20 godina.

⁵² Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 61.

U praksi postoje razni⁵³: matematički, statički i ekspertni modeli za izradu prognoze prometa temeljem navedenih ulaznih parametara. Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, prognoza prometa provesti će se na dva načina i to primjenom jednakih budućih faktora rasta te primjenom pravca regresije. Buduća prometna potražnja, prognozirat će se za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. Na slici 4.1. crvenom bojom prikazat će se položaj brojača prometa (Kožino-4808) na državnoj cesti D306, a plavom bojom položaj predmetnog raskrižja.



Slika 4.1. Položaj brojača prometa (Kožino-4808)

Izvor: www.openstreetmap.com [Pristupljeno: travanj 2021.]

U nastavku će se prikazati prikupljeni podaci o intenzitetu prometnih tokova s prethodno navedenog brojača prometa na temelju kojih će se utvrditi trend rasta odnosno pada prometa te provesti prognoza prometa u sklopu ovog diplomskog rada.

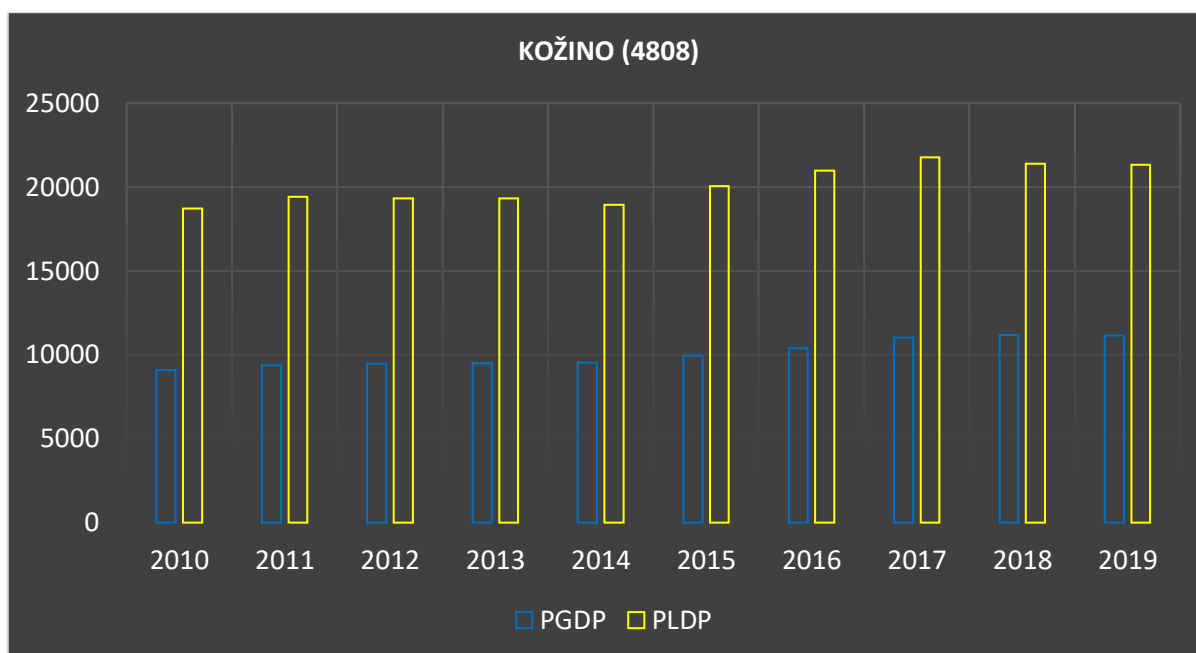
⁵³ Šoštarčić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 61.

Tablica 4.1. Podaci o PGDP-u i PLDP-u s brojačkog mjesta (Kožino-4808)

BROJAČKO MJESTO (4808) - KOŽINO		
GODINA	PGDP	PLDP
2010	9105	18733
2011	9375	19414
2012	9467	19332
2013	9508	19336
2014	9533	18963
2015	9956	20068
2016	10395	20981
2017	11039	21792
2018	11203	21405
2019	11154	21333

Izvor: <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

Tablicom 4.1. prikazuju se podaci o intenzitetu prometnih tokova prikupljeni s brojačkog mjesta (Kožino-4808) kroz proteklih 10 godina. Kako bi se dobio što reprezentativniji uzorak, nisu u obzir uzeti podaci o intenzitetu prometnih tokova za 2020. godinu, zbog toga što je u navedenoj godini svijet zahvatila globalna pandemija COVID-19 koja je uzrokovala značajan pad prometa.

**Grafikon 4.1.** Varijacije PGDP-a i PLDP-a u proteklih 10 godina na brojačkom mjestu 4808

Izvor: Izrada autora

Grafikonom 4.1. prikazuje se kretanje odnosno varijacije PGDP-a i PLDP-a u proteklih 10 godina na brojačkom mjestu (Kožino-4808). Iz navedenog grafikona je vidljivo kako je PGDP konstantno rastao do zadnje analizirane godine u kojoj se dogodio neznatan pad od 0,4% u odnosu na prijašnju godinu, dok PLDP konstantno varira iz godine u godinu uz sveukupan blagi porast. Podaci o PLDP-u koji se navode u tablici 4.1. koristit će se kao osnovni ulazni parametar na temelju kojeg će se u nastavku izraditi prognoza prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta i primjenom pravca regresije.

4.1. Prognoza prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta

Metoda jednakih budućih faktora rasta kao i što joj samo ime govori predstavlja metodu kod koje se intenzitet prometnih tokova u svakom sljedećem razdoblju povećava za određeni faktor rasta u odnosu na intenzitet prometnih tokova u prethodnom razdoblju.

Navedena metoda računa se prema sljedećoj formuli (1)⁵⁴:

$$q_n = q_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad (1)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- q_n – intenzitet prometnog toka u n-toj godini [voz/h; voz/danu]
- q_0 – postojeći intenzitet prometnog toka [voz/h; voz/danu]
- p – stopa rasta prometa [%]
- n – broj godina za koje se prognozira intenzitet prometnog toka

Podaci potrebni za prognozu prometa primjenom ove metode prikupit će se na dva način i to terenskim istraživanjem i analizom dostupnih podataka. Terenskim istraživanjem prikupit će se podaci o postojećem intenzitetu prometnih tokova (q_0), dok će se za određivanje stope rasta prometa analizirati podaci o PLDP-u s brojačkog mjesta (Kožino-4808). S obzirom na to da su već unaprijed prikupljeni podaci o intenzitetu prometnih tokova u sklopu analize prometnih tokova potrebno je još odrediti stopu rasta prometa (p). Stopa rasta prometa odredit će se na temelju prosječnog rasta odnosno pada PLDP-a kroz proteklih 10 godina.

⁵⁴ Šoštarčić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

Tablica 4.2. Rast/pad PGDP-a i PLDP-a po godinama na brojačkom mjestu (Kožino-4808)

BROJAČKO MJESTO (4808) - KOŽINO				
GODINA	PGDP	PLDP	Rast/pad PGDP-a u odnosu na prošlu godinu	Rast/pad PLDP-a u odnosu na prošlu godinu
2010	9105	18733	-	-
2011	9375	19414	2,880%	3,508%
2012	9467	19332	0,972%	-0,424%
2013	9508	19366	0,431%	0,176%
2014	9533	18963	0,262%	-2,125%
2015	9956	20068	4,249%	5,506%
2016	10395	20981	4,223%	4,352%
2017	11039	21792	5,834%	3,722%
2018	11203	21405	1,464%	-1,808%
2019	11154	21333	-0,439%	-0,338%
PROSJEK	10074	20139	2,21%	1,40%

Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.2. prikazuje se rast odnosno pad PGDP-a i PLDP-a na brojačkom mjestu (Kožino-4808) kroz analiziranih 10 godina. Najveći porast PGDP-a u odnosu na prijašnju godinu ostvario se 2017. godine u iznosu od 5,834%, dok se pad PGDP-a dogodio jedino u 2019. godini u iznosu od 0,439%. Što se tiče PLDP-a, najveći porast ostvaren je 2015. godine u iznosu od 5,506% u odnosu na 2014. godinu, dok je najveći pad zabilježen 2014. godine u iznosu od 2,125% u odnosu na 2013. godinu. Prosječna stopa rasta PGDP-a u proteklih 10 godina iznosi 2,21%, a prosječna stopa rasta PLDP-a 1,40%. Kao što je već navedeno u sklopu prognoze prometa, za potrebe izrade ovog diplomskog rada koristit će se podaci o PLDP-u, stoga će se kao stopa rasta prometa uzeti iznos od 1,40%.

Nakon što je određena stopa rasta prometa, pristupit će se daljnjoj prognozi prometa primjenom metode jednakih budućih faktora rasta na temelju podataka o postojećem intenzitetu prometnih tokova za jutarnji vršni sat.

Tablica 4.3. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA – INTENZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR						
PRIVOZ	MANEVAR	POSTOJEĆI (2021.) [voz/h]	5 GODINA (2026.) [voz/h]	10 GODINA (2031.) [voz/h]	15 GODINA (2036.) [voz/h]	20 GODINA (2041.) [voz/h]
1	1 - 2	423	453	486	521	559
	1 - 3	366	392	421	451	483
	1 - 4	62	66	71	76	82
2	2 - 1	494	530	568	609	652
	2 - 3	112	120	129	138	148
	2 - 4	230	247	264	283	303
3	3 - 1	258	277	296	318	341
	3 - 2	114	122	131	140	151
	3 - 4	76	81	87	94	100
4	4 - 1	124	133	143	153	164
	4 - 2	300	322	345	370	396
	4 - 3	99	106	114	122	131

Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.3. prikazuje se intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar za prognozirana razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. U nastavku će se navesti primjer izračuna za manevar 1-2. Na isti način je izvršen izračun za ostale manevre.

$$q_n = q_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

$$q_5 = 423 \cdot \left(1 + \frac{1,40}{100}\right)^5 = 453,45 \approx 453 \text{ voz/h}$$

$$q_{10} = 423 \cdot \left(1 + \frac{1,40}{100}\right)^{10} = 486,09 \approx 486 \text{ voz/h}$$

$$q_{15} = 423 \cdot \left(1 + \frac{1,40}{100}\right)^{15} = 521,09 \approx 521 \text{ voz/h}$$

$$q_{20} = 423 \cdot \left(1 + \frac{1,40}{100}\right)^{20} = 558,60 \approx 559 \text{ voz/h}$$

Nakon prognoze prometa za pojedini manevar odredit će se intenzitet prometnih tokova odnosno prometno opterećenje pojedinog privoza za prognozirana vremenska razdoblja. Prometno opterećenje privoza računa se kao broj vozila koja prođu promatranim privozom u oba smjera u jedinici vremena, u ovom slučaju u jutarnjem vršnom satu.

Tablica 4.4. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA - PROMETNO OPTEREĆENJE POJEDINOG PRIVOZA					
PRIVOZ	SADAŠNJE (2021.) [voz/h]	5 GODINA (2026.) [voz/h]	10 GODINA (2031.) [voz/h]	15 GODINA (2036.) [voz/h]	20 GODINA (2041.) [voz/h]
1	1727	1851	1985	2127	2281
2	1673	1793	1922	2061	2209
3	1025	1099	1178	1263	1354
4	891	955	1024	1098	1177

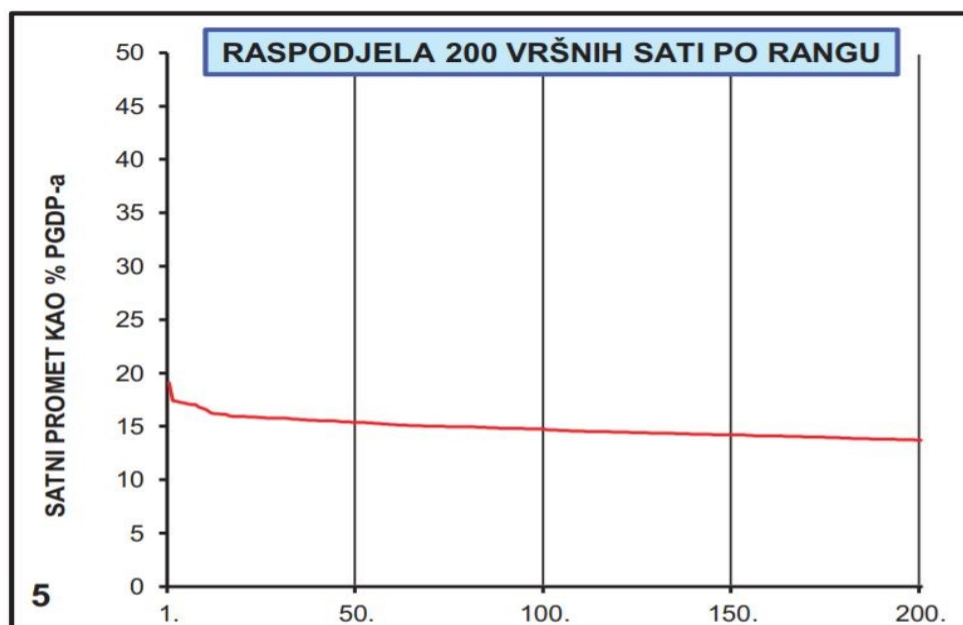
Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.4. prikazuje se prometno opterećenje pojedinog privoza u jutarnjem vršnom satu prema prognozi prometa za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. U nastavku će se navesti primjer izračuna za privoz 1 i 2026. godinu. Na isti način je izvršen izračun za ostale privoze i vremenska razdoblja.

Prometno opterećenje privoza 1 za 2026. godinu dobije se tako da se zbroji intenzitet prometnih tokova (Tablica 4.3.) za vozila koja ulaze u raskrižje krećući se navedenim privozom i za vozila koja izlaze iz raskrižja krećući se navedenim privozom, odnosno zbrajanjem intenziteta prometnih tokova za sljedeće manevre: 1-2, 1-3, 1-4, 2-1, 3-1 i 4-1. Prema prethodno navedenom, prometno opterećenje privoza 1 za 2026. godinu iznosi:

$$453 + 392 + 66 + 530 + 277 + 133 = 1851 \text{ voz/h}$$

Nakon prognoze prometa za pojedini privoz odredit će se prometno opterećenje predmetnog raskrižja za prognozirana vremenska razdoblja. Prometno opterećenje raskrižja računa se kao ukupan broj vozila koja uđu u promatrano raskrižje ili kao ukupan broj vozila koja izađu iz promatranog raskrižja u jedinici vremena. S obzirom na to da se prognoza prometa u ovom slučaju temelji na podacima o intenzitetu prometnih tokova za jutarnji vršni sat, ukupno prometno opterećenje raskrižja izraziti će se u jedinici vozila po satu. Kako bi se odredio PGDP ili PLDP neke prometnice ili u ovom slučaju raskrižja potrebno je pretpostaviti odnos između PGDP ili PLDP i vršnog sata za to područje. Analizom podataka o brojanju prometa s brojačkog mjesta (Kožino-4808) utvrdit će se odnos između PGDP-a i vršnog sata za područje za koje se izrađuje prognoza prometa.



Grafikon 4.2. Vršni sat kao % PGDP-a na brojačkom mjestu (Kožino-4808)

Izvor: <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

Grafikonom 4.2. prikazuje se odnos između vršnog sata i PGDP-a na brojačkom mjestu (Kožino-4808). Iz navedenog grafikona je vidljivo kako se 200 najopterećenijih vršnih sati u godini kreće u rasponu od 15 do 19 % PGDP-a. Pretpostavit će se da je vršni sat u kojem je izvršeno brojanje prometa u sklopu analize prometnih tokova 50. najopterećeniji vršni sat u godini. Prema prethodno navedenoj pretpostavci uzeti će se da prometno opterećenje unutar vršnog sata iznosi 16 % PGDP-a. S obzirom na to da na analiziranom području PGDP u prosjeku iznosi polovinu PLDP-a (Tablica 4.1.), uzet će se da prometno opterećenje unutar vršnog sata iznosi 8 % PLDP-a.

Tablica 4.5. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA - PROMETNO OPTEREĆENJE RASKRIŽJA			
GODINA	VRŠNI SAT [voz/satu]	PGDP [voz/danu]	PLDP [voz/danu]
2021	2658	16612	33225
2026	2849	17806	35613
2031	3055	19094	38188
2036	3275	20469	40938
2041	3510	21938	43875

Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.5. prikazuje se prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. U nastavku će se navesti primjer izračuna prometnog opterećenja raskrižja za 2031. godinu. Na isti način je izvršen izračun i za ostale godine.

Prometno opterećenje raskrižja u vršnom satu za 2031. godinu dobije se tako se zbroji intenzitet prometnih tokova (Tablica 4.3.) za sva vozila koja ulaze u predmetno raskrižje odnosno za sve manevre. Prema tome, prometno opterećenje raskrižja unutar vršnog sata za 2031. godinu iznosi:

$$486 + 421 + 71 + 568 + 129 + 264 + 296 + 131 + 87 + 143 + 345 + 114 = 3055 \text{ voz/h}$$

Kako bi se prometno opterećenje unutar vršnog sata pretvorilo u PGDP i PLDP na predmetnom raskrižju, koristi se prethodno navedeni odnos da prometno opterećenje unutar vršnog sata iznosi 16 % PGDP-a odnosno 8% PLDP-a. Prema tome, PGDP i PLDP predmetnog raskrižja za 2031. godinu iznose:

$$PGDP \cdot \frac{16}{100} = 3055 \rightarrow PGDP = 19093,75 \approx 19094 \text{ voz/danu}$$

$$PLDP \cdot \frac{8}{100} = 3055 \rightarrow PLDP = 38187,5 \approx 38188 \text{ voz/danu}$$

Iz tablice 4.5. je vidljivo kako će se prometna potražnja na predmetnom raskrižju u narednih 20 godina povećati s 33225 voz/danu na 43875 vozila/danu, što predstavlja rast prometne potražnje od 10650 voz/danu odnosno 32%. Rast prometne potražnje u iznosu od 32% ujedno je i rezultat prognoze prometa provedene korištenjem metode jednakih budućih faktora rasta.

4.2. Prognoza prometa primjenom pravca regresije

Prognoza prometa primjenom pravca regresije je grafo-analitička matematička metoda koja se provodi korištenjem sofisticiranih računalnih programa. Na temelju povijesnih podataka o intenzitetu prometnih tokova na promatranom području po pojedinim godinama, definirat će se trend linija odnosno u ovom slučaju pravac regresije pomoću kojeg će se prognozirati buduća prometna potražnja.

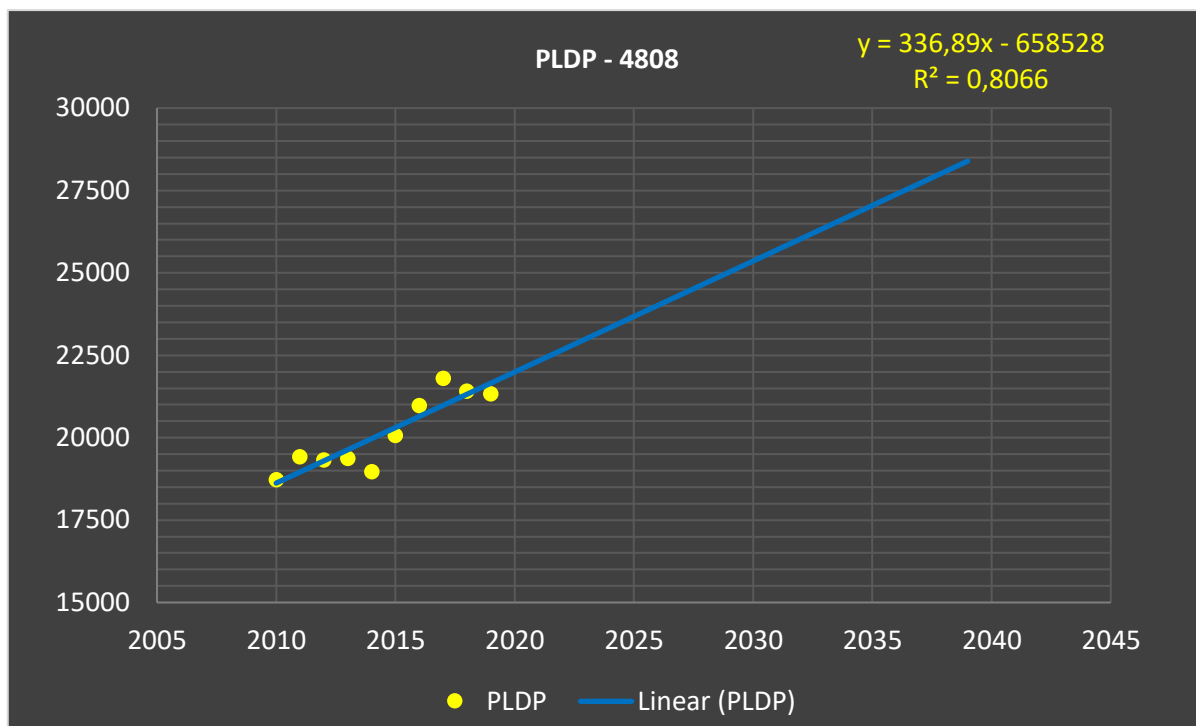
S obzirom na to da za promatrano raskrižje ne postoje povijesni podaci o intenzitetu prometnih tokova, prognoza prometa primjenom pravca regresije provesti će se na temelju podataka prikupljenih s brojačkog mjesta (Kožino-4808) koje se nalazi na D306 neposredno ispred predmetnog raskrižja u sklopu privoza 1. Navedeni podaci prikazat će se u tablici 4.6.

Tablica 4.6. Podaci o PGDP-u i PLDP-u s brojačkog mjesta (Kožino-4808)

BROJAČKO MJESTO (4808) - KOŽINO		
GODINA	PGDP	PLDP
2010	9105	18733
2011	9375	19414
2012	9467	19332
2013	9508	19366
2014	9533	18963
2015	9956	20068
2016	10395	20981
2017	11039	21792
2018	11203	21405
2019	11154	21333

Izvor: <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

Tablicom 4.6. prikazuju se podaci o PGDP-u i PLDP-u prikupljeni kroz proteklih 10 godina s prethodno navedenog brojačkog mjesta. Za prognozu prometa primjenom pravca regresije koristit će se podaci o PLDP-u kao i u sklopu metode jednakih budućih faktora rasta, s obzirom na to da se problem na predmetnom raskrižju događa tijekom ljetnih mjeseci. Iz navedene tablice je također vidljivo kako je promet u relativnom porastu što se očekuje i u budućem razdoblju. U nastavku će se prikazati pravac regresije definiran na temelju PLDP-a iz tablice 4.6.



Grafikon 4.3. Progniza prometa primjenom pravca regresije

Izvor: Izradio autor

Grafikonom 4.3. prikazuje se regresijski model. Žutom bojom na grafikonu prikazuje se vrijednost PLDP-a za svaku analiziranu godinu, dok se plavom bojom prikazuje pravac regresije. Iz navedenog grafikona, vidljive su varijacije PLDP-a kroz analizirane godine uz sveukupan blagi porast koji se očekuje odnosno prognozira i za buduće vremensko razdoblje.

U gornjem desnom kutu grafikona prikazuje se jednadžba pravca regresije ($y = 336,89x - 658528$) koji je definiran na temelju povijesnih podataka o PLDP-u iz tablice 4.6. Zavisna varijabla odnosno varijabla y u ovom slučaju predstavlja PLDP, dok nezavisna varijabla odnosno varijabla x predstavlja kalendarsku godinu. Prema tome, ako se želi prognozirati PLDP za neku određenu kalendarsku godinu, potrebno je umjesto varijable x uvrstiti željenu kalendarsku godinu i dobije se prognozirani PLDP za tu istu godinu izražen varijablom y .

Osim jednadžbe pravca regresije, u gornjem desnom kutu prikazuje se i koeficijent determinacije R^2 . Koeficijent determinacije je pokazatelj reprezentativnosti regresijskog modela i njegove vrijednosti kreću se od 0 do 1. Iznos koeficijenta determinacije u ovom slučaju ukazuje na čvrstu vezu između dviju navedenih varijabli. Koeficijent determinacije u ovom slučaju iznosi 0,8066 što se smatra povoljnim u područjima prometnog inženjerstva. Nakon što je utvrđena reprezentativnost regresijskog modela, pristupit će se daljnjoj prognozi prometa primjenom pravca regresije.

Prema navedenoj jednadžbi pravca regresije ($y = 336,89x - 658528$) prognozirat će se PLDP na privozu 1 za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. U nastavku će se navesti primjer izračuna PLDP-a na privozu 1 za 2036. godinu. Na isti način je izvršen izračun za ostala vremenska razdoblja.

$$y = 336,89x - 658528 \rightarrow y = 336,89 \cdot 2036 - 658528 = 27380,04 \approx 27380 \text{ voz/danu}$$

Prema prognoziranom PLDP-u potrebno je odrediti prometno opterećenje unutar vršnog sata na privozu 1. U sklopu prognoze prometa korištenjem metode jednakih budućih faktora rasta navedeno je kako prometno opterećenje unutar vršnog sata za navedeno područje iznosi 16% PGDP-a odnosno 8% PLDP-a. Prema tome, prometno opterećenje unutar vršnog sata na privoz 1 u 2036. iznosit će:

$$27380 \cdot \frac{8}{100} = 2190,4 \approx 2190 \text{ voz/h}$$

Na isti način prognozirana su prometna opterećenja na privozu 1 i za ostala vremenska razdoblja. Prognozirana prometna opterećenja na privozu 1 prikazat će se u tablici 4.7.

Tablica 4.7. Prometno opterećenje privoza 1 prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA – PROMETNO OPTEREĆENJE PRIVOZA 1		
GODINA	PLDP [voz/danu]	VRŠNI SAT [voz/satu]
2021	22327	1786
2026	24011	1921
2031	25696	2056
2036	27380	2190
2041	29064	2325

Izvor: Izradio autor

Nakon provedene prognoze prometa za privoz 1, prognozirat će se prometno opterećenje pojedinog manevra na temelju podataka o postojećoj distribuciji prometnih tokova. Postojeća distribucija prometnih tokova na predmetnom raskrižju prikazat će se u tablici 4.8.

Tablica 4.8. Distribucija prometnih tokova na predmetnom raskrižju

PRIVOZ	PROMETNO OPTEREĆENJE NA ULAZU	PROMETNO OPTEREĆENJE NA IZLAZU	ULAZ		IZLAZ	
	UDIO	UDIO	MANEVAR	UDIO	MANEVAR	UDIO
1	0,493	0,507	1 - 2	0,497	2 - 1	0,564
			1 - 3	0,430	3 - 1	0,295
			1 - 4	0,073	4 - 1	0,141
2	0,499	0,501	2 - 1	0,591	1 - 2	0,505
			2 - 3	0,134	3 - 2	0,136
			2 - 4	0,275	4 - 2	0,359
3	0,437	0,563	3 - 1	0,576	1 - 3	0,634
			3 - 2	0,254	2 - 3	0,194
			3 - 4	0,170	4 - 3	0,172
4	0,587	0,413	4 - 1	0,237	1 - 4	0,168
			4 - 2	0,574	2 - 4	0,625
			4 - 3	0,189	3 - 4	0,207

Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.8. prikazuje se distribucija prometnih tokova na predmetnom raskrižju. Uz prognozirano prometno opterećenje na privozu 1 (Tablica 4.7.) i poznatu distribuciju prometnih tokova, vrlo je jednostavno odrediti intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar, kako na tom privozu tako i na ostalima. U nastavku će se navesti primjer izračuna intenziteta prometnih tokova za pojedini manevar u 2026. godini. Na isti način izvršen je izračun za ostala razdoblja.

Tablica 4.9. Izračun intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar u 2026. godini

PROGNOZA PROMETA–INTENZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR–(2026.)						
PRIVOZ	ULAZ [voz/h]	IZLAZ [voz/h]	ULAZ MANEVAR	q [voz/h]	IZLAZ MANEVAR	q [voz/h]
1	947	974	1 – 2	471	2 – 1	549
			1 – 3	407	3 - 1	287
			1 – 4	69	4 - 1	138
2	929	933	2 – 1	549	1 - 2	471
			2 – 3	124	3 - 2	127
			2 – 4	256	4 - 2	335
3	498	642	3 – 1	287	1 - 3	407
			3 – 2	127	2 - 3	124
			3 – 4	84	4 - 3	111
4	583	410	4 – 1	138	1 - 4	69
			4 – 2	335	2 - 4	256
			4 – 3	111	3 - 4	84

Izvor: Izradio autor

Na isti način prognozirani su intenziteti prometnih tokova za pojedini manevar i za ostala vremenska razdoblja. Rezultat prognoze intenziteta prometnih tokova za pojedini manevar za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina prikazat će se u tablici 4.10.

Tablica 4.10. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA – INTENZITET PROMETNIH TOKOVA ZA POJEDINI MANEVAR						
PRIVOZ	MANEVAR	POSTOJEĆI (2021.) [voz/h]	5 GODINA (2026.) [voz/h]	10 GODINA (2031.) [voz/h]	15 GODINA (2036.) [voz/h]	20 GODINA (2041.) [voz/h]
1	1 - 2	438	471	504	537	569
	1 - 3	379	407	436	464	493
	1 - 4	64	69	74	79	84
2	2 - 1	510	549	588	626	665
	2 - 3	116	124	133	142	150
	2 - 4	237	256	274	291	309
3	3 - 1	267	287	307	327	348
	3 - 2	118	127	136	144	154
	3 - 4	79	84	91	97	102
4	4 - 1	128	138	147	157	166
	4 - 2	310	335	358	382	405
	4 - 3	103	111	118	126	134

Izvor: Izradio autor

Nakon prognoze prometa za pojedini manevar odredit će se intenzitet prometnih tokova odnosno prometno opterećenje pojedinog privoza za prognozirana vremenska razdoblja. Prometno opterećenje privoza računa se kao ukupan broj vozila koja prođu promatranim privozom u oba smjera u jedinici vremena, u ovom slučaju u jutarnjem vršnom satu.

Tablica 4.11. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA - PROMETNO OPTEREĆENJE POJEDINOG PRIVOZA					
PRIVOZ	SADAŠNJE (2021.) [voz/h]	5 GODINA (2026.) [voz/h]	10 GODINA (2031.) [voz/h]	15 GODINA (2036.) [voz/h]	20 GODINA (2041.) [voz/h]
1	1786	1921	2056	2190	2325
2	1729	1862	1993	2122	2252
3	1062	1140	1221	1300	1382
4	921	993	1060	1131	1200

Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.11. prikazuje se prometno opterećenje pojedinog privoza u jutarnjem vršnom satu prema prognozi prometa za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. U nastavku će se navesti primjer izračuna za privoz 2 i 2031. godinu. Na isti način je izvršen izračun za ostale privoze i vremenska razdoblja.

Prometno opterećenje privoza 2 u 2031. godini dobije se tako da se zbroji intenzitet prometnih tokova (Tablica 4.10.) za vozila koja ulaze u raskrižje krećući se navedenim privozom i za vozila koja izlaze iz raskrižja krećući se navedenim privozom, odnosno zbrajanjem intenziteta prometnih tokova za sljedeće manevre: 2-1, 2-3, 2-4, 1-2, 3-2, 4-2. Prema prethodno navedenom, prometno opterećenje privoza 2 za 2031. godinu iznosi:

$$588 + 133 + 274 + 504 + 136 + 358 = 1993 \text{ voz/h}$$

Nakon prognoze prometa za pojedini privoz odredit će se prometno opterećenje predmetnog raskrižja za prognozirana vremenska razdoblja. Prometno opterećenje raskrižja računa se kao ukupan broj vozila koja uđu u promatrano raskrižje ili kao ukupan broj vozila koja izađu iz promatranog raskrižja u jedinici vremena.

Tablica 4.12. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa

PROGNOZA PROMETA - PROMETNO OPTEREĆENJE RASKRIŽJA			
GODINA	VRŠNI SAT [voz/h]	PGDP [voz/danu]	PLDP [voz/danu]
2021	2749	17181	34363
2026	2958	18488	36975
2031	3166	19788	39575
2036	3372	21075	42150
2041	3579	22369	44737

Izvor: Izradio autor

Tablicom 4.12. prikazuje se prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. U nastavku će se navesti primjer izračuna prometnog opterećenja raskrižja za 2041. godinu. Na isti način je izvršen i za ostale godine.

Prometno opterećenje raskrižja u vršnom satu za 2041. godinu dobije se tako da se zbroji intenzitet prometnih tokova (Tablica 4.10.) za sva vozila koja ulaze u predmetno raskrižje odnosno za manevre. Prema tome, prometno opterećenje raskrižja unutar vršnog sata za 2041. godinu iznosi:

$$569 + 493 + 84 + 665 + 150 + 309 + 348 + 154 + 102 + 166 + 405 + 134 = 3579 \text{ voz/h}$$

Kako bi se prometno opterećenje unutar vršnog sata pretvorilo u PGDP i PLDP na predmetnom raskrižju, koristi se odnos definiran u sklopu prognoze prometa primjenom jednakih budućih faktora rasta. Odnos između vršnog sata i PGDP-a i vršnog sata i PLDP-a je taj da vršni sat iznosi 16% PGDP-a odnosno 8% PLDP-a. Prema tome, PGDP i PLDP predmetnog raskrižja za 2041. godinu iznose:

$$PGDP \cdot \frac{16}{100} = 3579 \rightarrow PGDP = 22368,75 \approx 22369 \text{ voz/danu}$$

$$PLDP \cdot \frac{8}{100} = 3579 \rightarrow PLDP = 44737,5 \approx 44737 \text{ voz/danu}$$

Iz tablice 4.12. je vidljivo kako će se prometa potražnja na predmetnom raskrižju u narednih 20 godina povećati s 34363 voz/danu na 44737 voz/danu, što predstavlja rast prometne potražnje od 10374 voz/danu odnosno 30%. Rast prometne potražnje u iznosu od 30% ujedno je i rezultat prognoze prometa provedene primjenom regresijskog pravca.

Podatke o prometnim opterećenjima dobivene prognozom prometa potrebno je uzeti u obzir prilikom optimizacije prometnih tokova odnosno prilikom predlaganja idejnih rješenja. Potrebno je voditi računa da predloženo idejno rješenje zadovoljava zahtjeve prometne potražnje barem idućih petnaest godina ako se radi o većem zahvatu. U ovom diplomskom radu, prilikom izrade idejnih rješenja te u sklopu evaluacije navedenih rješenja koristit će se podaci o prometnim opterećenjima prognozirani metodom jednakih budućih faktora rasta.

5. PRIJEDLOZI IDEJNIH RJEŠENJA

Prijedlozi idejnih rješenja mogu se definirati kao skup mjera i zahvata u prostoru čijom realizacijom bi se uklonili nedostaci odnosno poboljšalo stanje postojećeg prometnog sustava. Prijedlozi mjera odnose se na promjene u organizaciji prometnog sustava i prometnoj politici, dok se prijedlozi zahvata odnose na izgradnju novih ili rekonstrukciju postojećih elemenata prometne infrastrukture.⁵⁵

Prijedlozi rješenja izrađuju se na temelju⁵⁶:

- rezultata analize postojećeg stanja (ustanovljeni problemi),
- prognoze prometa (trend porasta ili smanjenja intenziteta prometnih tokova) i
- najnovijih znanstvenih i stručnih spoznaja na području tehnologije prometa.

Prijedlozi rješenja mogu se podijeliti prema periodu realizacije, odnosno prema razdoblju za koje se predlaže njihovo provođenje na⁵⁷:

- trenutne – realizacija do 2 godine od prihvaćanja studije
- kratkoročne – realizacija do 5 godina od prihvaćanja studije
- srednjoročne – realizacija od 5 do 10 godina nakon prihvaćanja studije
- dugoročne – realizacija od 10 do 20 godina nakon prihvaćanja studije

Detaljno provedenom analizom postojećeg stanja utvrđuje se problematika odvijanja prometnih tokova na području uže zone obuhvata. Na temelju konkretnih zaključaka dobivenih analizom postojećeg stanja, prognoze buduće količine prometa te prostornih značajki lokacije, predlažu se prometna rješenja izrađena u skladu s najnovijim znanstvenim i stručnim dostignućima iz područja tehnologije prometa i transporta. U cilju optimizacije odvijanja prometnih tokova na području uže zone obuhvata predlažu se dva kratkoročna rješenja. Kao jedan od prijedloga predlaže se rekonstrukcija postojećeg semaforiziranog raskrižja u razini u smislu izvedbe dodatnih prometnih trakova kao i izmjena postojećeg signalnog plana, a kao drugo rješenje predlaže se izgradnja srednje velikog kružnog raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika.

⁵⁵ Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 64.

⁵⁶ *Ibid*

⁵⁷ *Ibid*, str. 65.

5.1. Idejno rješenje 1 – Semaforizirano četverokrako raskrižje u razini

Kao prvo rješenje predlaže se rekonstrukcija postojećeg semaforiziranog četverokrakog raskrižja u razini u smislu produženja postojećih i dodavanja dodatnih prometnih trakova na pojedinim privozima kao i izmjena postojećeg signalnog plana te izrada suvremene infrastrukture za nemotorizirane sudionike u cestovnom prometu.

Zahvaljujući tomu što se predmetno raskrižje nalazi na obodu grada točnije u sklopu neizgrađenog područja, moguće je obaviti značajnu rekonstrukciju u smislu širenja u svim smjerovima bez utjecaja kojekakvih ograničenja.

S obzirom na to da se iz godine u godinu mijenja prometna potražnja te na to da će se dodavanjem dodatnih prometnih trakova izmijeniti geometrija predmetnog raskrižja, potrebno je izraditi novu matricu zaštitnih međuvremena i novi signalni plan za predloženo idejno rješenje. U nastavku će se detaljno tekstualno i grafički prikazati navedeno predloženo rješenje.

Privoz 1 (D306) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od četiri ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,25 m i dužina 150 m), jedan predstavlja zajednički provozni prometni trak i trak za lijeve skretače (širina 3,5 m), jednog provoznog prometnog traka (širina 3,5 m) i jednog prometnog traka za desne skretače koji je izveden kao posebni prometni trak (širina 3,25 m i dužina 80 m) te dva izlazna prometna traka (širina 3,5 m). Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od 200 m čija širina iznosi 2 m. Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 300 m. Pješačko biciklistički prijelaz odmaknut je 10 m od desnog ruba provoznog prometnog traka privoza 2. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 52,5 m dok polumjeri skretanja za lijeve skretače iznose 18 i 20 m. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka privoza 1 i 5,5 m od ruba kolnika. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m.

Privoz 2 (Ulica Kažimira Zankija) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od četiri ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,25 m i dužina 100 m), jednog provoznog prometnog traka (širina 3,5 m) i dvaju prometnih trakova za desne skretače (širina 3,5 m i dužina 80 m) te dva izlazna prometna traka (širina 3,5 m). Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od 180 m čija širina iznosi 2 m. Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 250 m. Pješačko biciklistički

prijelaz odmaknut je 8,5 m od desnog ruba provoznog prometnog traka privoza 3. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 50 m, dok polumjer skretanja za lijeve skretače iznosi 20 m. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 7 m od ruba kolnika. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m. U sklopu privoza 2, izveden je priključak u obliku T raskrižja koji povezuje navedeni privoz i trgovački centar „Plodine“. Navedeni priključak sastoji se od dva ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,5 m i dužina 30 m) i drugi za desne skretače (širina 3,5 m) te jednog izlaznog prometnog traka širine 3,5 m. Upravljanje prometnim tokovima na navedenom priključku regulirano je prometnim znakom. Priključak je okomiziran u odnosu na privoz 2 radijusom 50 m. Zaobljenje rubova kolnika izvedeno je radijusom 18 m. Polumjeri skretanja za lijeve skretače iznose 18 m. Kako bi se osiguralo nesmetano odvijanje prometnih tokova, na privozu 2 izveden je poseban trak za lijeve skretače (širina 3,25 m i dužina 35 m). U sklopu navedenog priključka izveden je i pješačko biciklistički prijelaz širine 5,5 m koji je odmaknut 5 m od desnog ruba provoznog prometnog traka glavnog pravca.

Privoz 3 (Put Nina) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od četiri ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,25 m i dužina 100 m), dvaju provoznih prometnih trakova (širina 3,5 m) i jednog prometnog traka za desne skretače koji je izveden kao posebni prometni trak (širina 3,25 m i dužina 100 m) te dva izlazna prometna traka (širina 3,5 m). Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od 150 m čija širina iznosi 2 m. Pješačko biciklistički prijelaz odmaknut je 7 m od desnog ruba provoznog prometnog traka privoza 4. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 37,5 m dok polumjer skretanja za lijeve skretače iznosi 18 m. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 5,5 m od ruba kolnika. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m. U sklopu ovog privoza, sa zapadne strane izvedeno je autobusno stajalište namijenjeno za zaustavljanje dva autobusa. Autobusno stajalište projektirano je u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07). Na samom početku ovog privoza tj. u blizini samoposlužne autopraonice „Robi“, predlaže se postavljanje cement-betonskih usporivača prometa neposredno prije i poslije zavoja kako bi se smanjile brzine kretanja vozila na tom potencijalno opasnom mjestu.

Privoz 4 (Put Matije Gupca) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od četiri ulazna prometna traka od kojih je jedan za lijeve skretače (širina 3,25 m i dužina 70 m), dvaju provoznih prometnih trakova (širina 3,5 m) i jednog prometnog traka za desne skretače koji je izveden kao posebni prometni trak (širina 3,25 m i dužina 75 m) te jednog izlaznog prometnog traka (širina 3,5 m). Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od 130 m čija širina iznosi 2 m. Pješačko biciklistički prijelaz odmaknut je 10 m od desnog ruba provoznog prometnog traka privoza 1. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Zaobljenje ruba kolnika izvedeno je radijusom 25 m dok polumjer skretanja za lijeve skretače iznosi 20 m. Trokutasti prometni otok odmaknut je 0,5 m od ruba provoznog prometnog traka i 5,5 m od ruba kolnika. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m. U sklopu ovog privoza, sa sjeverne strane izvedeno je autobusno stajalište za zaustavljanje jednog autobusa. Autobusno stajalište projektirano je u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07).

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, prethodno opisan prijedlog rješenja, izrađen je korištenjem računalnog programa AutoCAD (Prilog 5). Zbog nemogućnosti nabave geodetske podloge, kao podloga za izradu prijedloga rješenja upotrebljena je isključivo digitalna ortofoto karta.

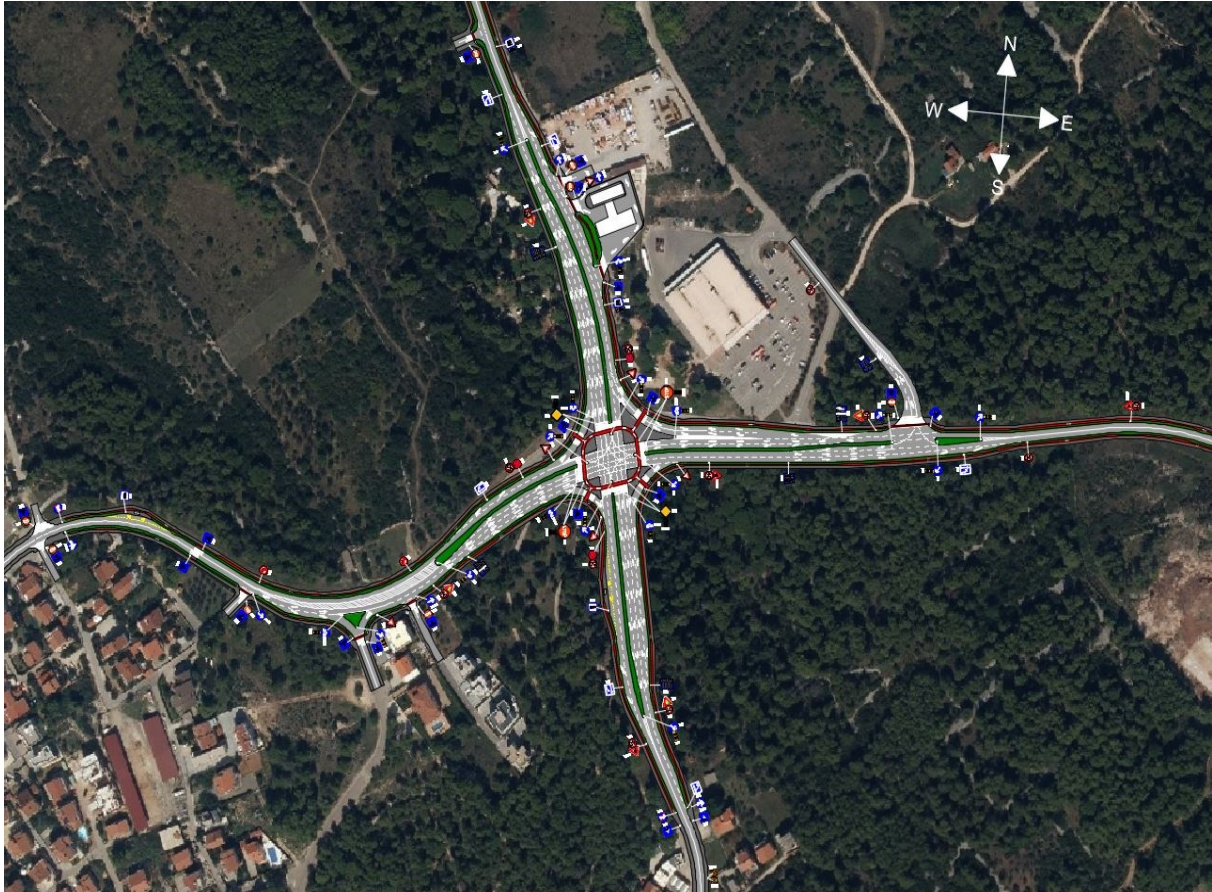
Svi elementi navedenog idejnog rješenja, jasno su kotirani i prikazani u Prilogu 6.

Prometni znakovi i oznake na kolniku pozicionirani i dimenzionirani su u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19). Prometna signalizacija u sklopu navedenog idejnog rješenja prikazana je u Prilogu 5.

Granice navedenog idejnog rješenja, prikazane su na katastarskoj podlozi kako bi se dobio uvid u zemljišne čestice koje zauzima navedeno idejno rješenje (Prilog 7).

Osim digitalne ortofoto karte i katastarske podloge, granice navedenog idejnog rješenja prikazane su i na podlozi kojom se prikazuje namjena površine prema prostornom planu koju zauzima navedeno idejno rješenje (Prilog 8).

U sklopu navedenog idejnog rješenja provedeno je ispitivanje provoznosti mjerodavnog vozila pomoću računalnog programa AutoCAD, odnosno licenciranog dodatka Vehicle Tracking-a. Kao mjerodavno vozilo uzet je kamion s prikolicom dužine 18 m i širine 2,5 m. Trajektorije provoznosti prikazane su u Prilogu 9. Idejno rješenje 1 prikazano je na slici 5.1.



Slika 5.1. Tlocrt idejnog rješenja 1 - AutoCAD

Izvor: Izradio autor

5.1.1. Matrica zaštitnih međuvremena

Zaštitno međuvrijeme definira se kao vremenski period između dvije konfliktne signalne grupe koje slijede uzastopno u sklopu signalnog plana. Kao što i sam naziv govori, uloga zaštitnog međuvremena jest zaštita kako motoriziranih tako i nemotoriziranih sudionika u cestovnom prometu, točnije na raskrižjima na kojima se prometom upravlja prometnim svjetlima. Zaštitno međuvrijeme osigurava da sudionici u prometu koji uđu u raskrižje na samom kraju zelenog ili tijekom žutog signalnog pojma, sigurno napuste raskrižje pred sudionicima kojima se u tom trenutku daje dozvola za prolazak raskrižjem odnosno pali zeleni signalni pojam.⁵⁸

⁵⁸ Vujić, M., Dedić, L.: Cestovna telematika – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

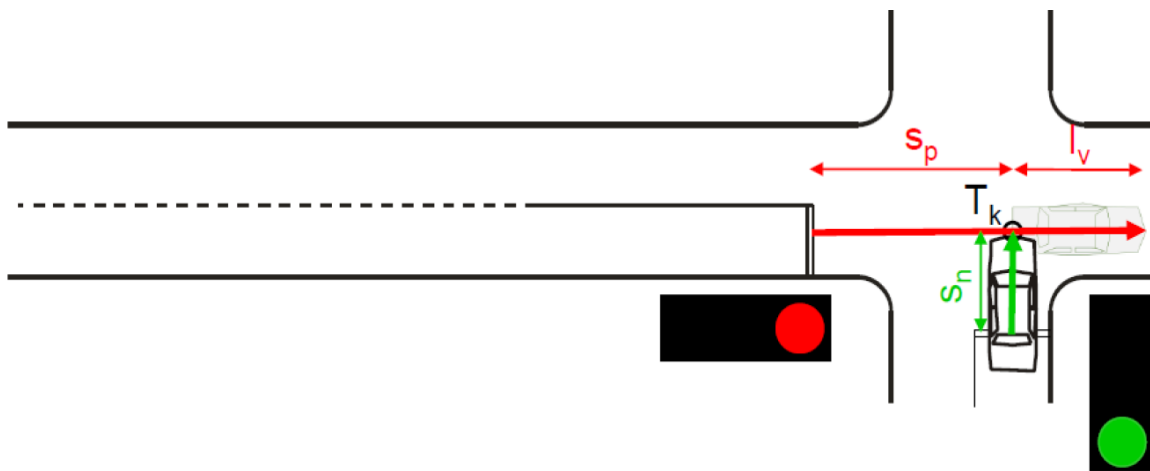
Parametri potrebni za izračun zaštitnog međuvremena, prikazat će se na slici 5.2.

Zaštitno međuvrijeme računa se prema sljedećoj formuli (2)⁵⁹:

$$t_z = t_k + t_p - t_n = t_k + \frac{S_p + l_v}{v_p} - \frac{S_n}{v_n} \quad (2)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- t_z – zaštitno međuvrijeme [s]
- t_k – provezno vrijeme odnosno vrijeme od trenutka kraja zelenog signalnog pojma do početka vremena pražnjenja [s]
- t_p – vrijeme pražnjenja odnosno vrijeme potrebno da vozilo prijeđe put pražnjenja S_p brzinom pražnjenja v_p [s]
- t_n – vrijeme naleta odnosno vrijeme potrebno da sudionik kojem se upali zeleno svjetlo prijeđe put naleta S_n brzinom naleta v_n [s]

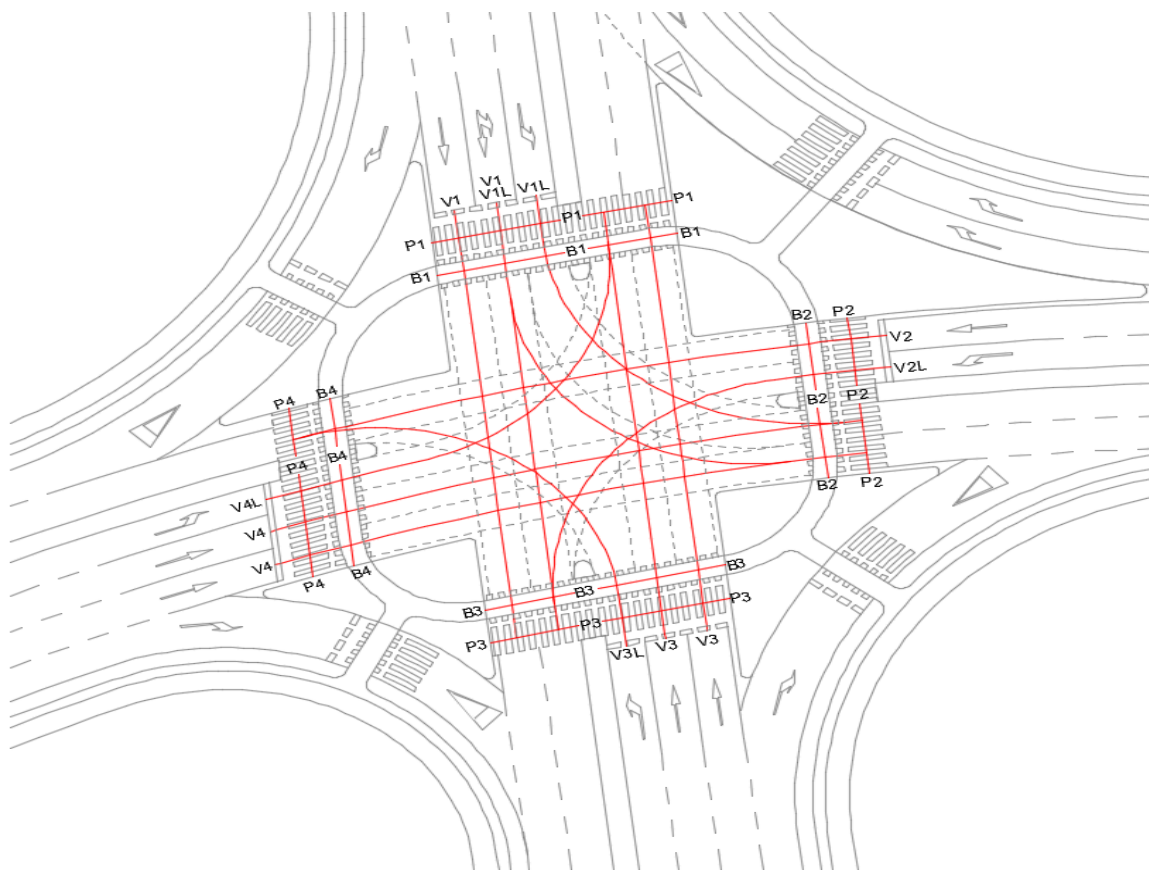


Slika 5.2. Prikaz parametara potrebnih za izračun zaštitnog međuvremena

Izvor: Vujić, M., Dedić, L.: Cestovna telematika – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

⁵⁹ Vujić, M., Dedić, L.: Cestovna telematika – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Matrica zaštitnih međuvremena je matrica u kojoj se navode vrijednosti zaštitnih međuvremena između svih signalnih grupa koje su u konfliktu na nekom analiziranom raskrižju. Prilikom predlaganja prometnog rješenja na kojemu se prometom upravlja pomoću prometnih svjetala, važno je izraditi te priložiti matricu zaštitnih međuvremena. Matrica zaštitnih međuvremena je važna zbog toga kako bi se u svakom trenutku prilikom izmjena svih teoretski mogućih faza odvijanja prometnih tokova moglo odrediti vrijeme između dvije faze koje je dostatno za sigurno odvijanje prometa na raskrižju. Na slici 5.3. prikazat će se putanje kretanja u sklopu predloženog rješenja na temelju kojih će se izraditi matrica zaštitnih međuvremena.



Slika 5.3. Putanje kretanja vozila unutar raskrižja

Izvor: Izradio autor

Matrica zaštitnih međuvremena u sklopu ovog diplomskog rada, izradit će se u skladu sa Smjernicama za prometnu svjetlosnu signalizaciju na cestama. Prilikom izračuna zaštitnih međuvremena, prema prethodno navedenim smjernicama, koristit će se vrijednosti prikazane u tablici 5.1.

Tablica 5.1. Parametri za izračun zaštitnih međuvremena

PRAŽNJE VOZILA KOJA IDU RAVNO		PRAŽNJE VOZILA KOJA SKREĆU		NALET VOZILA	
t_k	3 s	t_k	2 s	v_n	11,11 m/s
v_p	10 m/s	v_p	7 m/s	s_n	mjerenjem
S_p	mjerenjem	S_p	mjerenjem	NALET BICIKLISTA	
l_v	6 m	l_v	6 m		
PRAŽNJE BICIKLISTA		PRAŽNJE PJEŠAKA		v_n	5 m/s
t_k	1 s	t_k	0 s	s_n	mjerenjem
v_p	4 m/s	v_p	1,2 m/s	NALET PJEŠAKA	
S_p	mjerenjem	S_p	dulj. pječačkog		
l_v	0 m	l_v	0 m	v_n	1,5 m/s
				s_n	mjerenjem

Izvor: Vujić, M., Dedić, L.: Cestovna telematika – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Nakon izračuna zaštitnih međuvremena između svih konfliktnih signalnih grupa u sklopu predloženog rješenja, formirat će se matrica zaštitnih međuvremena. Matrica zaštitnih međuvremena za predloženo rješenje, prikazat će se tablicom 5.2. Nakon izrade matrice zaštitnih međuvremena, pristupit će se izradi signalnog plana.

Tablica 5.2. Matrica zaštitnih međuvremena

		N A L E T																
		V1	V1L	V2	V2L	V3	V3L	V4	V4L	P1	P2	P3	P4	B1	B2	B3	B4	
P R A Ž N J E N J E	V1			3	5		5	6	5	3		8		4		8		
	V1L			4	6	6		6	4	3	9			4	10			
	V2	6	5			4	5		4		3		8		4		8	
	V2L	7	4			5	6	5			3	9			4	9		
	V3		5	5	5			3	4	8		3		8		4		
	V3L	5		5	3			4	6			3	8			4	9	
	V4	4	5		5	6	5				8		3		8		4	
	V4L	5	7	5		6	4			9			3	9			4	
	P1	10	10			3			3									
	P2		3	7	7			2										
	P3	3			3	10	10											
	P4			0			1	10	10									
	B1	4	4			0			0									
	B2		0	3	3			0										
	B3	0			0	4	4											
	B4			0			0	4	4									

Izvor: Izradio autor

5.1.2. Izrada signalnog plana

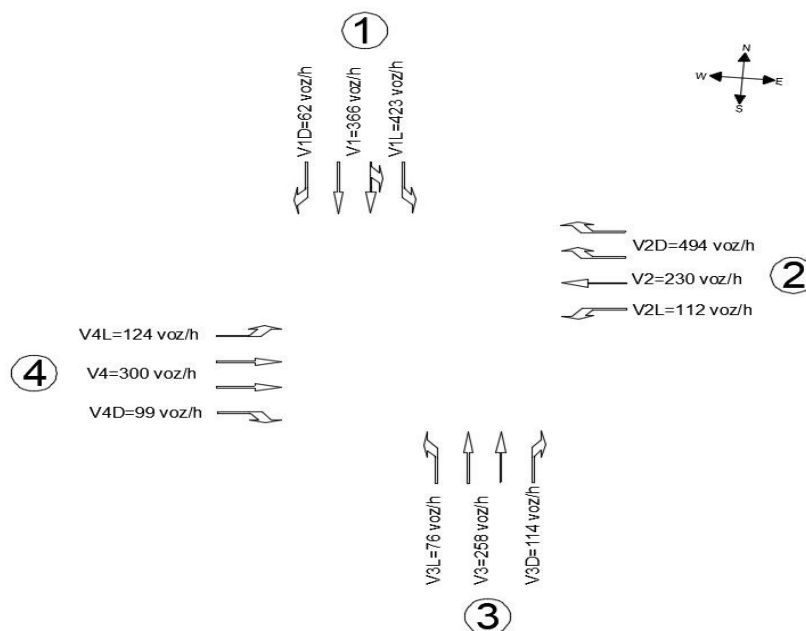
Za obavljanje semaforizacije nekog raskrižja, potrebno je izraditi signalni plan u skladu s kojim će prometna svjetla funkcionirati odnosno izmjenjivati svjetlosne signalne pojmove. Signalni plan koji će se izraditi za potrebe ovog diplomskog rada, bit će koncipiran tako da će vremenske duljine trajanja svih elemenata signalnog plana biti fiksne, pri čemu će trajanje zelenog signalnog pojma na pojedinom privozu biti proporcionalno omjeru kritičnog prometnog toka na tom privozu i ukupnog kritičnog prometnog toka.

Izrada signalnih planova pojedinih raskrižja sastoji se od sljedećih faza⁶⁰:

- raspodjele prometnih tokova na raskrižju i broja pješaka,
- provjere da li su potrebne posebne faze za lijeve skretače,
- definiranje broja faza,
- definiranje faktora vršnog sata,
- konvertiranje lijevih i desnih skretača u ekvivalent vozila za ravno,
- utvrđivanje kritičnih prometnih tokova,
- proračun prijelaznih vremena i međuvremena,
- proračun izgubljenih vremena,
- proračun željenog trajanja ciklusa,
- raspodjele efektivnih zelenih vremena po fazama i
- proračun stvarnih zelenih vremena.

U prvoj fazi semaforizacije predmetnog raskrižja, definirat će se raspodjela prometnih tokova i broja pješaka na analiziranom raskrižju. Za izradu novog signalnog plana, koristit će se podaci o prometnim tokovima dobiveni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu. S obzirom na to da se predmetno raskrižje nalazi na perifernom dijelu grada, broj pješaka je zanemaren. Raspodjela prometnih tokova prikazat će se na slici 5.4.

⁶⁰ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 23-39.



Slika 5.4. Raspodjela prometnih tokova

Izvor: Izradio autor

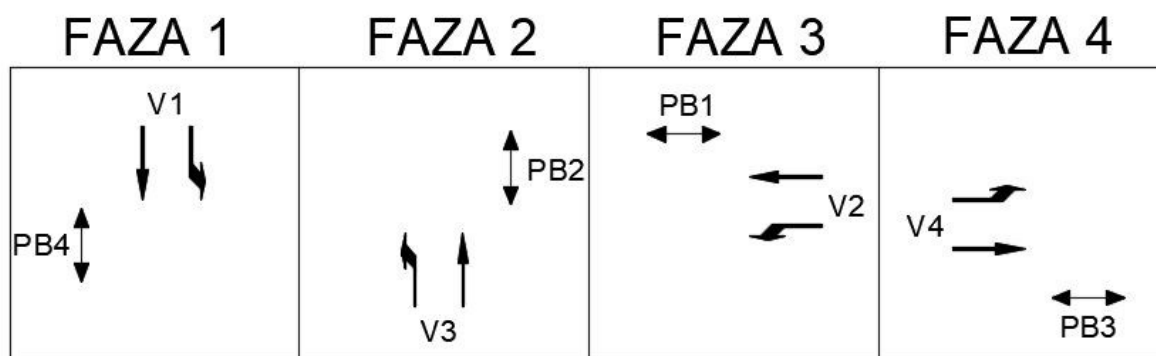
Nakon definiranja raspodjele prometnih tokova, utvrdit će se jesu li potrebne posebne faze za lijeve skretače. Posebnu fazu za lijeve skretače potrebno je uvesti ako je opterećenje lijevih skretača veće od 200 voz/h ili ako je umnožak lijevih skretača i vozila koja prolaze ravno iz suprotnog smjera veći od 50000 voz/h.⁶¹

S obzirom na to da je predmetno raskrižje dimenzionirano i oblikovano za četverofazno odvijanje prometnih tokova, odnosno svaki privoz kao zasebna faza, nije potrebno provjeravati jesu li potrebne posebne faze za lijeve skretače.

Minimalan mogući broj faza je dvije, dok maksimalan broj ne postoji ali se u praksi ne preporučuje više od pet faza. Kao što je prethodno navedeno, predmetno raskrižje projektirano je za četverofazno odvijanje prometa tj. jedan privoz jedna faza. Stoga će se ovaj signalni plan sastojati od četiri sljedeće faze:

- Faza 1 (privoz 1) – V1 i V1L
- Faza 2 (privoz 3) – V3 i V3L
- Faza 3 (privoz 2) – V2 i V2L
- Faza 4 (privoz 4) – V4 i V4L

⁶¹ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 32.



Slika 5.5. Raspored izmjene signalnih grupa u novom signalnom planu

Izvor: Izradio autor

Prometni tokovi koje sačinjavaju desni skretači, u ovom slučaju se ne uzimaju u obzir prilikom izrade signalnog plana, zbog toga što se prometnim tokovima za desne skretače ne upravlja prometnim svjetlima već prometnim znakom.

Što se tiče faktora vršnog sata, za raskrižja izvan naselja, u praksi uzima se faktor vršnog sata od 0,80 do 0,95.⁶² Brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu kroz četiri 15-minutna intervala, utvrđeno je kako faktor vršnog sata za predmetno raskrižje iznosi 0,89. Za potrebe izrade ovog signalnog plana, kao faktor vršnog sata uzet će se vrijednost 0,89.

Konvertiranje lijevih i desnih skretača u ekvivalent vozila za ravno provodi se pomoću interpolacije. Lijeve skretače potrebno je konvertirati u slučaju da isti moraju propustiti vozila iz suprotnog smjera koja zadržavaju smjer kretanja, dok je desne skretače potrebno konvertirati u slučaju da isti moraju propustiti pješake prilikom obavljanja radnje skretanja. S obzirom na to da se u ovom slučaju radi o četverofaznom upravljanju, temeljenom na principu svaki privoz svaka faza, nije potrebno konvertirati lijeve i desne skretače u ekvivalent vozila za ravno. Konverziju u ovom slučaju nije potrebno provesti zato što lijevi skretači ne trebaju propustiti vozila iz suprotnog smjera jer je njima u tom trenutku zabranjen prolazak, a desne skretače ne treba konvertirati zbog toga što se tokovima za desna skretanja upravlja prometnim znakom, a ne prometnim svjetlom, pa se isti zanemaruju. Nakon konvertiranja lijevih i desnih skretača u ekvivalent vozila za ravno, utvrdit će se kritični prometni tok za svaku fazu.

⁶² Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 38.

Kritični prometni tok je najopterećeniji prometni tok u pojedinoj fazi. Kritični prometni tok u pojedinoj fazi predstavlja temelj za razdiobu stvarnih zelenih vremena. Zbroj kritičnih prometnih tokova, definira se kao ukupan kritični prometni tok. U nastavku će se odrediti kritični prometni tok za pojedinu fazu te ukupni kritični prometni tok.

- $V_{c1} = V1L = 423$ voz/h
- $V_{c2} = V3 = 258$ voz/h
- $V_{c3} = V2 = 230$ voz/h
- $V_{c4} = V4 = 300$ voz/h
- $V_{cuk} = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3} + V_{c4} = 423 + 258 + 230 + 300 = 1211$ voz/h

Nakon utvrđivanja kritičnih prometnih tokova, pristupit će se proračunu tj. odabiru prijelaznih vremena i međuvremena. U prijelazna vremena spada trajanje žutog i crveno-žutog signalnog pojma, dok u prijelazna međuvremena spadaju zaštitna međuvremena, izračunata u prethodnom poglavlju i uvrštena u matricu zaštitnih međuvremena (Tablica 5.2). Prema smjernicama za prometnu svjetlosnu signalizaciju na cestama, trajanje crveno-žutog signalnog pojma iznosi 2 sekunde, dok trajanje žutog signalnog pojma ovisi o dozvoljenoj brzini kretanja na pojedinom privozu. Trajanje žutog signalnog pojma za $V_{doz} \leq 50$ km/h iznosi 3 sekunde. Minimalno zaštitno međuvrijeme, računa se kao zbroj trajanja žutog i crveno-žutog signalnog pojma. Potrebna zaštitna međuvremena između konfliktnih prometnih tokova, prethodno definiranih faza, odredit će se iščitavanjem iz matrice zaštitnih međuvremena. Zaštitna međuvremena između pojedinih faza, prikazat će se u nastavku:

- $t_{z1} = V1L$ nalet na $V4L = 7$ s
- $t_{z2} = V3$ nalet na $V1L = 6$ s
- $t_{z3} = V2$ nalet na $V3L = 5$ s
- $t_{z4} = V4$ nalet na $V2L = 5$ s

Nakon definiranja prijelaznih vremena i međuvremena, pristupit će se proračunu izgubljenih vremena u pojedinoj fazi te ukupnog izgubljenog vremena u ciklusu. Ukupno izgubljeno vrijeme u ciklusu, može se definirati kao ukupno vrijeme u ciklusu tijekom kojega je svim sudionicima u prometu istovremeno zabranjen prolazak predmetnim raskrižjem. Ukupno izgubljeno vrijeme u ciklusu predstavlja zbroj izgubljenih vremena u fazama.

Izgubljeno vrijeme u pojedinoj fazi računa se prema sljedećoj formuli (3)⁶³:

$$t_{ii} = l_i + (t_{zi} - e) \quad (3)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- t_{ii} – izgubljeno vrijeme u fazi i [s]
- l_i – izgubljeno vrijeme na početku paljenja zelenog svjetla = 2 s
- t_{zi} – zaštitno vrijeme za fazu i [s]
- e – iskorištenje zaštitnih međuvremena od strane vozača = 2 s/fazi
- L – ukupno izgubljeno vrijeme u jednom ciklusu [s]

$$t_{i1} = l_1 + (t_{z1} - e) = 2 + (7 - 2) = 7 \text{ s}$$

$$t_{i2} = l_2 + (t_{z2} - e) = 2 + (6 - 2) = 6 \text{ s}$$

$$t_{i3} = l_3 + (t_{z3} - e) = 2 + (5 - 2) = 5 \text{ s}$$

$$t_{i4} = l_4 + (t_{z4} - e) = 2 + (5 - 2) = 5 \text{ s}$$

$$L = t_{i1} + t_{i2} + t_{i3} + t_{i4} = 7 + 6 + 5 + 5 = 23 \text{ s}$$

Nakon proračuna izgubljenih vremena, odredit će se zasićeni tok. Zasićeni tok predstavlja kapacitet prometnog traka ili trakova ako bi na semaforu bio stalno upaljen zeleni signalni pojam.

Zasićeni tok računa se prema sljedećoj formuli (4)⁶⁴:

$$S = N \cdot \frac{3600}{h} \quad (4)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- S – zasićeni tok [voz/h]
- h – zasićeno vrijeme slijeđenja = 2,23 s/voz
- N – broj trakova

$$S = N \cdot \frac{3600}{h} = 3 \cdot \frac{3600}{2,23} = 4843,05 \text{ voz/h}$$

⁶³ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 35.

⁶⁴ *Ibid*, str. 34.

Nakon proračuna zasićenog toka, pristupit će se proračunu željenog trajanja ciklusa. Navedeni proračun, vrši se pomoću sljedeće formule (5)⁶⁵:

$$C_z = \frac{L}{1 - \left[\frac{V_c}{16 \cdot PHF \cdot \frac{v}{c}} \right]} \quad (5)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- C_z – željeno trajanje ciklusa [s]
- L – ukupno izgubljeno vrijeme u jednom ciklusu [s]
- V_c – ukupni kritični prometni tok [voz/h]
- S – zasićeni tok [voz/h]
- PHF – faktor vršnog sata
- v/c – stupanj zasićenja (0,8)

$$C_z = \frac{L}{1 - \left[\frac{V_c}{16 \cdot PHF \cdot \frac{v}{c}} \right]} = \frac{23}{1 - \left[\frac{1211}{4843,05 \cdot 0,89 \cdot 0,8} \right]} = 35,45 \text{ s}$$

Prema Smjernicama za prometnu svjetlosnu signalizaciju na cestama, minimalno trajanje ciklusa iznosi 30 sekundi, a maksimalno 120 sekundi. Prema prethodno navedenim smjernicama, preporučuje se da trajanje ciklusa za četiri faze iznosi od 90 do 110 sekundi. U ovom slučaju, odabrat će se maksimalno trajanje ciklusa odnosno 120 sekundi. Nakon što je određeno trajanje ciklusa, provest će se proračun za raspodjelu efektivnih zelenih vremena po fazama. Raspodjela efektivnih zelenih vremena, temelji se na kritičnim prometnim tokovima.

Ukupno trajanje efektivnog zelenog svjetla, računa se prema sljedećoj formuli (6)⁶⁶:

$$g_{tot} = C - L \quad (6)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- g_{tot} – ukupno trajanje efektivnog zelenog svjetla [s]
- C – ukupno trajanje ciklusa [s]
- L – ukupno izgubljeno vrijeme u jednom ciklusu [s]

$$g_{tot} = C - L = 120 - 23 = 97 \text{ s}$$

⁶⁵ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 38.

⁶⁶ *Ibid*, str. 39.

Raspodjela efektivnih zelenih vremena po fazama računa se prema sljedećoj formuli (7)⁶⁷:

$$g_i = g_{tot} \cdot \frac{V_{ci}}{V_{cuk}} \quad (7)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- g_i – trajanje efektivnog zelenog svjetla u fazi i [s]
- g_{tot} – ukupno trajanje efektivnog zelenog svjetla [s]
- V_{ci} – kritični prometni tok u fazi i [voz/h]
- V_{cuk} – ukupni kritični prometni tok [voz/h]

$$g_1 = g_{tot} \cdot \frac{V_{c1}}{V_{cuk}} = 97 \cdot \frac{423}{1211} = 33,88 \text{ s} \approx 34 \text{ s}$$

$$g_2 = g_{tot} \cdot \frac{V_{c2}}{V_{cuk}} = 97 \cdot \frac{258}{1211} = 20,67 \text{ s} \approx 21 \text{ s}$$

$$g_3 = g_{tot} \cdot \frac{V_{c3}}{V_{cuk}} = 97 \cdot \frac{230}{1211} = 18,42 \text{ s} \approx 18 \text{ s}$$

$$g_4 = g_{tot} \cdot \frac{V_{c4}}{V_{cuk}} = 97 \cdot \frac{300}{1211} = 24,03 \text{ s} \approx 24 \text{ s}$$

Nakon provedenog proračuna za raspodjelu efektivnih zelenih vremena, pristupit će se proračunu stvarnih zelenih vremena.

Stvarno zeleno vrijeme za pojedinu fazu, računa se prema sljedećoj formuli (8)⁶⁸:

$$G_i = g_i - t_{zi} + t_{li} \quad (8)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- G_i – stvarno zeleno vrijeme u fazi i [s]
- g_i – trajanje efektivnog zelenog svjetla u fazi i [s]
- t_{zi} – zaštitno međuvrijeme u fazi i [s]
- t_{li} – izgubljeno vrijeme u fazi i [s]

⁶⁷ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 39.

⁶⁸ *Ibid*

$$G_1 = g_1 - t_{z1} + t_{l1} = 34 - 7 + 7 = 34 \text{ s}$$

$$G_2 = g_2 - t_{z2} + t_{l2} = 21 - 6 + 6 = 21 \text{ s}$$

$$G_3 = g_3 - t_{z3} + t_{l3} = 18 - 5 + 5 = 18 \text{ s}$$

$$G_4 = g_4 - t_{z4} + t_{l4} = 24 - 5 + 5 = 24 \text{ s}$$

Nakon izračuna stvarnih zelenih vremena za pojedinu fazu, odredit će se trajanje crvenog signalnog pojma za pojedinu fazu.

Trajanje crvenog signalnog pojma za pojedinu fazu, računa se prema sljedećoj formuli (9)⁶⁹:

$$t_{ci} = C - g_i - t_z - t_{cz} \quad (9)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- t_{ci} – trajanje crvenog svjetla u fazi i [s]
- C – trajanje ciklusa [s]
- g_i – trajanje efektivnog zelenog svjetla u fazi i [s]
- t_z – trajanje žutog signalnog pojma [s]
- t_{cz} – trajanje crveno-žutog signalnoj pojma [s]

$$t_{c1} = C - g_1 - t_z - t_{cz} = 120 - 34 - 3 - 2 = 81 \text{ s}$$

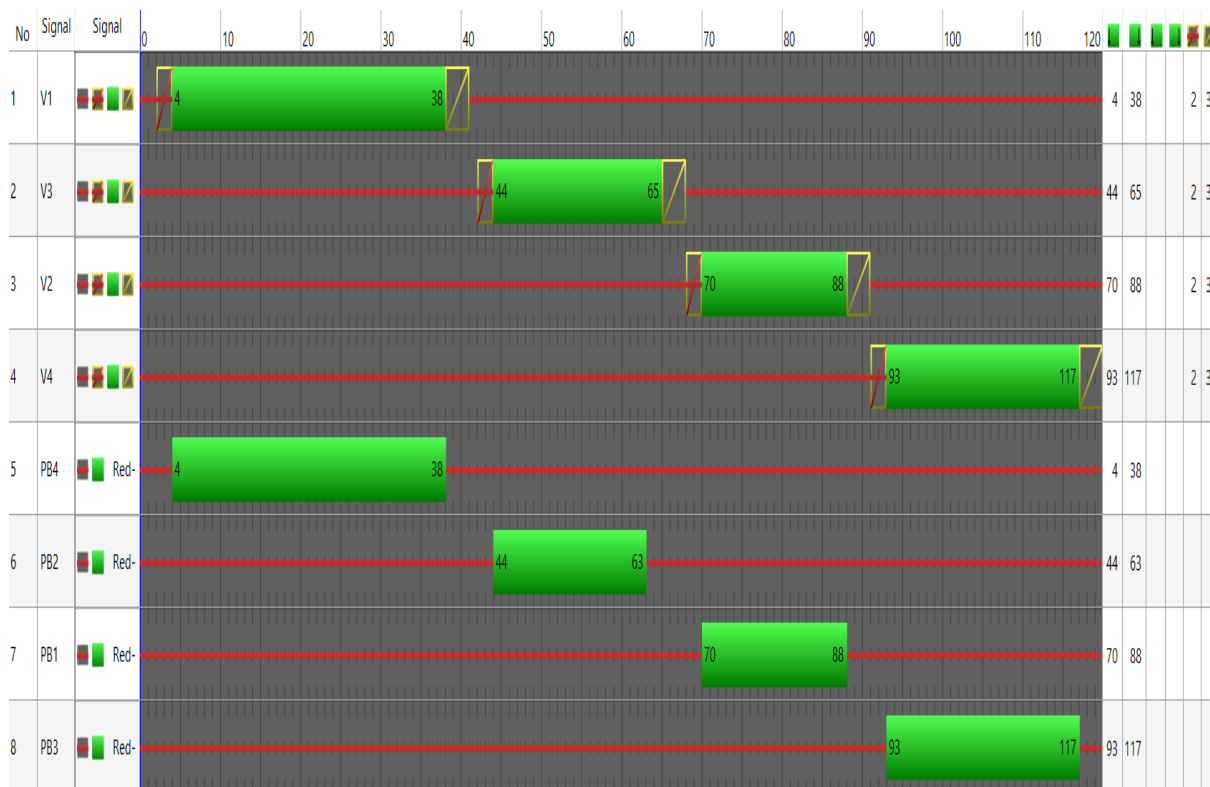
$$t_{c2} = C - g_2 - t_z - t_{cz} = 120 - 21 - 3 - 2 = 94 \text{ s}$$

$$t_{c3} = C - g_3 - t_z - t_{cz} = 120 - 18 - 3 - 2 = 97 \text{ s}$$

$$t_{c4} = C - g_4 - t_z - t_{cz} = 120 - 24 - 3 - 2 = 91 \text{ s}$$

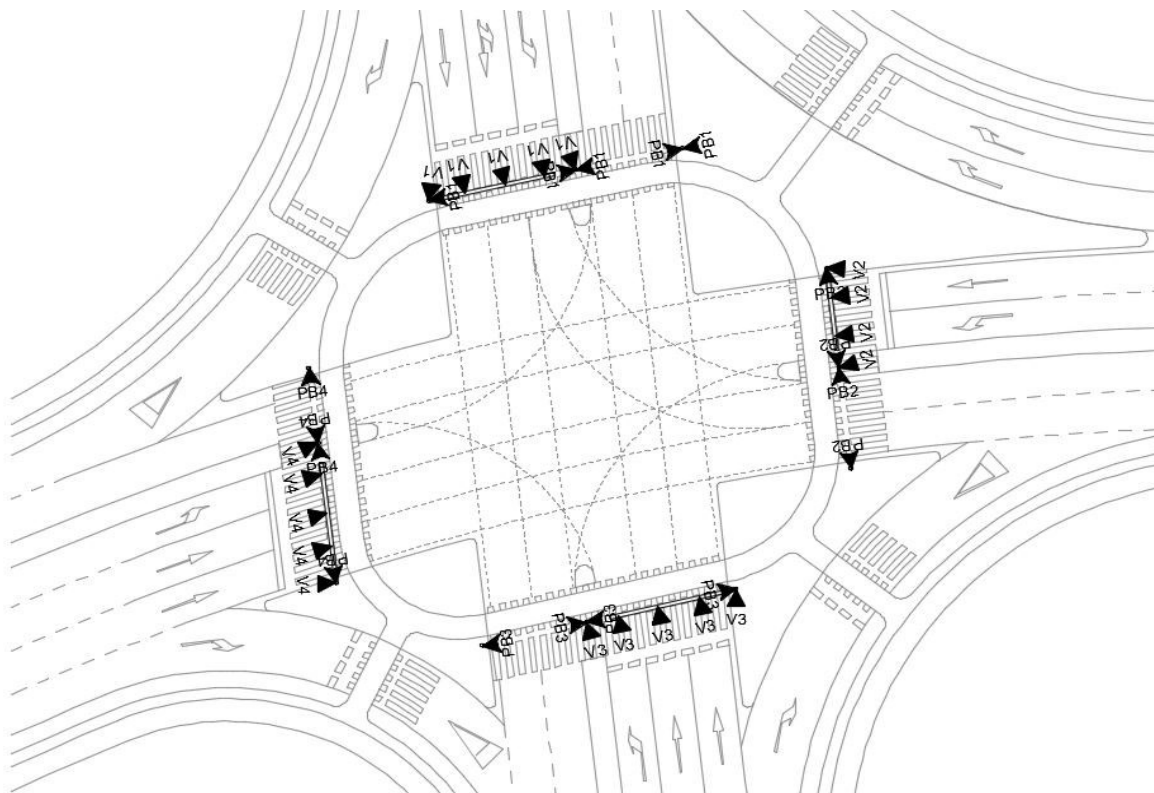
Prethodnim proračunima određeno je trajanje i razdioba signalnih pojmova za vozačke signalne grupe, dok je trajanje signalnih pojmova za pješačke i biciklističke signalne grupe potrebno uskladiti s vozačkim signalnim grupama, uzimajući u obzir potrebna zaštitna međuvremena. Važno je za napomenuti kako će se pješačke i biciklističke signalne grupe voditi zajedno, što znači da će se ovaj signalni plan sastojati od jednog ciklusa, četiri faze i osam signalnih grupa, od kojih su 4 vozačke i 4 pješačko-biciklističke. Naposljetku, na samom kraju izrade signalnog plana, grafički će se prikazati signalni plan te položaj prometnih svjetala.

⁶⁹ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.



Slika 5.6. Signalni plan za idejno rješenje 1

Izvor: Izradio autor



Slika 5.7. Položaj prometnih svjetala – idejno rješenje 1

Izvor: Izradio autor

5.2. Idejno rješenje 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika

Kao drugo rješenje predlaže se rekonstrukcija postojećeg semaforiziranog četverokrakog raskrižja u razini u srednje veliko kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika tj. srednje veliko turbo kružno raskrižje. S obzirom na značajan intenzitet prometnih tokova na predmetnom raskrižju, klasično srednje veliko jednotračno kružno raskrižje⁷⁰ čija je propusna moć 22000 voz/dan u ovom slučaju ne bi zadovoljilo zahtijevanu prometnu potražnju. Dodavanjem dodatnog kružnog prometnog traka odnosno izgradnjom velikog dvotračnog kružnog raskrižja⁷¹ čija je propusna moć preko 25000 voz/danu, rezultiralo bi povećanjem propusne moći ali ujedno bi se povećao i broj konfliktnih točaka, posebice točaka preplitanja unutar samog kružnog kolnika, što bi utjecalo na smanjenje razine sigurnosti. Predloženo rješenje, odabrano je iz razloga kako bi se povećala ujedno propusna moć i razina sigurnosti.

Turbo kružno raskrižje⁷² je kanalizirano dvotračno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika, na kojeg se priključuju četiri priključne ceste, a vozni trakovi su međusobno odvojeni uzdignutim razdjelnim elementima (delineatorima) koji sprječavaju promjenu voznog traka (preplitanje prometnih tokova) na samom kružnom kolniku. Osnovni elementi turbo kružnog raskrižja su⁷³:

- turbo blok,
- polumjeri turbo kružnog raskrižja,
- središnji otok,
- delineator,
- špica i
- središnji razdjelni otok.

Geometrijski oblik turbo kružnog raskrižja formira se pomoću tzv. „turbo bloka“. Turbo blok predstavlja skup svih potrebnih polumjera koje je potrebno na određeni način zarotirati i tako definirati trajektorije kretanja ili vozne linije, odnosno, vozne trakove.⁷⁴

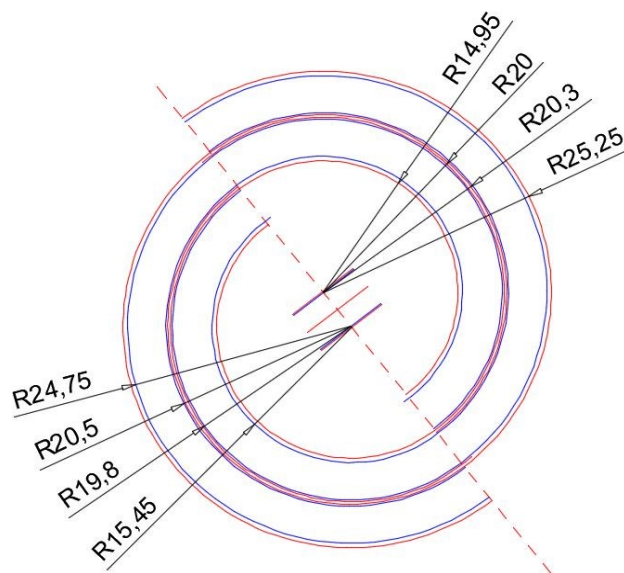
⁷⁰ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 94.

⁷¹ *Ibid*

⁷² Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014., str. 5.

⁷³ *Ibid*

⁷⁴ *Ibid*, str. 18.



Slika 5.8. Turbo blok

Izvor: Izradio autor

Na slici 5.8. prikazan je turbo blok izrađen za potrebe ovog diplomskog rada. Navedeni turbo blok definiran je s osam polumjera, od kojih četiri formiraju projektno tehničke elemente, a preostala četiri oznake na kolniku. Preporučene dimenzije tipskih turbo kružnih raskrižja ovisno o veličini turbo kružnog raskrižja prikazat će se u tablici 5.3.

Tablica 5.3. Preporučene dimenzije turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini

ELEMENTI TURBO KRUŽNOG RASKRIŽJA				
Element	Mini	Standardno	Srednje veliko	Veliko
R ₁	10,45	12,00	14,95	19,95 (21,70)
R ₂	15,85	17,15	20,00	24,90 (27,10)
R ₃	16,15	17,45	20,30	25,20 (27,40)
R ₄	21,20	22,45	25,25	29,95 (32,80)
r ₁	10,95	12,50	15,45	20,45
r ₂	15,65	16,95	19,80	24,70
r ₃	16,35	17,65	20,50	25,40
r ₄	20,70	21,95	24,75	29,45
B _v	5,05	5,00	4,95	4,75 (5,40)
B _u	5,40	5,15	5,05	4,95 (5,40)
b _v	4,35	4,30	4,25	4,05
b _u	4,70	4,45	4,35	4,25
D _v	5,75	5,30	5,15	5,15 (5,50)
D _u	5,05	5,00	4,95	4,75 (5,50)

Izvor: Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014., str. 19.

Središnji dio turbo kružnog raskrižja sastoji se od središnjeg otoka, dva kružna prometna traka, četiri delineatora i dvije špice. Središnji otok formiran je pomoću dva radijusa od kojih jedan definira nepovozni dio, a drugi uvjetno povozni dio. Nepovozni dio odnosno zelena površina u središtu turbo kružnog raskrižja definirana je radijusom 12,45 m dok je uvjetno povozni dio definiran radijusom 14,95 m. Širina uvjetno povoznog dijela iznosi 2,5 m i izrađuje se od kamene kocke. Širina asfaltne površine unutarnjeg kružnog prometnog traka iznosi 5,05 m, a vanjskog kružnog prometnog traka 4,95 m. Širine unutarnjeg i vanjskog kružnog prometnog traka između rubnih crta iznose 4,35 m za unutarnji kružni prometni trak i 4,25 m za vanjski kružni prometni trak. U sklopu središnjeg dijela turbo kružnog raskrižja nalaze se i četiri delineatora širine 0,30 m koji fizički odvajaju unutarnji od vanjskog kružnog prometnog traka i tako onemogućuju prestrojavanje vozila unutar kružnog raskrižja. Središnji dio turbo kružnog raskrižja koncipiran je tako da vozila koja uđu u unutarnji vozni trak bez prestrojavanja prijeđu u vanjski kružni prometni trak. Iz tog razloga su turbo kružna raskrižja znatno sigurnija u odnosu na standardna dvotračna kružna raskrižja. U sklopu središnjeg dijela turbo kružnog raskrižja nalaze se i dvije špice koje predstavljaju uređen početak delineatora izrađen od kamene kocke, čija je zadaća sprječavanje ulaska vozila iz vanjskog prometnog traka na privozu u unutarnji prometni trak na kružnom kolniku. U nastavku će se detaljno opisati svaki privoz pojedinačno.

Privoz 1 (D306) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od dva ulazna prometna traka širine 3,5 m i dva izlazna prometna traka širine 3,5 m. Vanjski ulazni prometni trak namijenjen je za smjer kretanja ravno i desno, dok je unutarnji ulazni prometni trak namijenjen za smjer kretanja ravno i lijevo. Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 300 m. Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od 200 m čija širina iznosi 2 m. Pješачko biciklistički prijelaz odmaknut je 7 m od ruba kružnog kolnika. Širina pješачko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Ulazni radijus iznosi 18 m, a izlazni radijus 24 m, što omogućava nesmetano kretanje mjerodavnog vozila. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m.

Privoz 2 (Ulica Kažimira Zankija) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od dva ulazna prometna traka širine 3,5 m i jednog izlaznog prometnog traka širine 3,5 m. Vanjski ulazni prometni trak namijenjen je za desne skretače, dok je unutarnji ulazni prometni trak namijenjen za smjer kretanja ravno i lijevo. Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 150 m. Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od

125 m čija širina iznosi 2 m. Pješačko biciklistički prijelaz odmaknut je 7 m od ruba kružnog kolnika. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Ulazni radijus iznosi 18 m, a izlazni 24 m, što omogućava nesmetano kretanje mjerodavnog vozila. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m. U sklopu privoza 2, izveden je priključak u obliku T raskrižja koji povezuje navedeni privoz i trgovački centar „Plodine“. Navedeni priključak sastoji se od dva ulazna prometna traka širine 3,5 m od kojih je jedan namijenjen za lijeve skretače, a drugi za desne skretače te jednog izlaznog prometnog traka širine 3,5 m. Duljina prometnog traka namijenjenog za desne skretače iznosi 30 m. Ulazni radijus iznosi 14 m, a izlazni 25 m, što omogućava nesmetano kretanje mjerodavnog vozila. Upravljanje prometnim tokovima na navedenom priključku regulirano je prometnim znakom. Navedeni priključak je okomiziran na privoz 2 radijusom 50 m. Radi sigurnog vođenja kako motoriziranih tako i nemotoriziranih sudionika u prometu, u sklopu priključka izveden je središnji razdjelni otok tzv. kaplja i trokutasti otok. Kaplja je odmaknuta 2,5 m od desnog ruba provoznog prometnog traka privoza 2. Gornja glava kaplje zaobljena je radijusom 0,89 m, a donja glava kaplje radijusom 0,5 m. Dužina deniveliranog dijela kaplje iznosi 15 m. Trokutasti otok odmaknut je 0,5 m od desnog ruba provoznog prometnog traka na privozu 2 i 6 m u odnosu na kaplju. U sklopu navedenog priključka izveden je i pješačko biciklistički prijelaz širine 5,5 m koji je odmaknut 6 m od desnog ruba provoznog prometnog traka na privozu 2.

Privoz 3 (Put Nina) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od dva ulazna prometna traka širine 3,5 m i dva izlazna prometna traka širine 3,5 m. Vanjski ulazni prometni trak namijenjen je za smjer kretanja ravno i desno, dok je unutarnji ulazni prometni trak namijenjen za smjer kretanja ravno i lijevo. Ulaz od izlaza je fizički odvojen središnjim razdjelnim otokom na dužini od 200 m čija širina iznosi 2 m. Pješačko biciklistički prijelaz odmaknut je 7 m od ruba kružnog kolnika. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Ulazni radijus iznosi 18 m, a izlazni 24 m, što omogućava nesmetano kretanje mjerodavnog vozila. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m. U sklopu ovog privoza, sa zapadne strane izvedeno je autobusno stajalište namijenjeno za zaustavljane jednog autobusa. Autobusno stajalište projektirano je u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07). Na samom početku ovog privoza tj. u blizini samoposlužne autopraonice „Robi“, predlaže se postavljanje cement-betonskih usporivača prometa neposredno prije i poslije zavoja kako bi se smanjile brzine kretanja vozila na tom potencijalno opasnom mjestu.

Privoz 4 (Put Matije Gupca) je dvosmjerni privoz koji se sastoji od dva ulazna prometna traka širine 3,5 m i jednog izlaznog prometnog traka širine 3,5 m. Vanjski ulazni prometni trak namijenjen je za desne skretače, dok je unutarnji ulazni prometni trak namijenjen za smjer kretanja ravno i lijevo. Navedeni privoz je okomiziran pri čemu je zaobljenje izvedeno radijusom 150 m. Ulaz od izlaza je fizički odvojen razdjelnim otokom na dužini od 90 m čija širina iznosi 2 m. Pješačko biciklistički prijelaz odmaknut je 7 m od ruba kružnog kolnika. Širina pješačko biciklističkog prijelaza iznosi 6,5 m. Ulazni radijus iznosi 16 m, a izlazni 24 m, što omogućava nesmetano kretanje mjerodavnog vozila. Cijelom dužinom privoza obostrano se proteže zaštitni zeleni pojas širine 1,5 m, biciklistička staza širine 1 m i nogostup širine 2 m. U sklopu ovog privoza, sa sjeverne strane izvedeno je autobusno stajalište namijenjeno za zaustavljanje jednog autobusa. Navedeno stajalište projektirano je u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima (NN 119/07).

Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, prethodno opisan prijedlog rješenja, izrađen je korištenjem računalnog programa AutoCAD (Prilog 10). Zbog nemogućnosti nabave geodetske podloge, kao podloga za izradu prijedloga rješenja upotrijebljena je isključivo digitalna ortofoto karta.

Svi elementi navedenog idejnog rješenja, jasno su kotirani i prikazani u Prilogu 11.

Prometni znakovi i oznake na kolniku pozicionirani i dimenzionirani su u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19). Prometna signalizacija u sklopu navedenog idejnog rješenja prikazana je u Prilogu 10.

Granice navedenog idejnog rješenja, prikazane su na katastarskoj podlozi kako bi se dobio uvid u zemljišne čestice koje zauzima navedeno idejno rješenje (Prilog 12).

Osim digitalne ortofoto karte i katastarske podloge, granice navedenog idejnog rješenja prikazane su i na podlozi kojom se prikazuje namjena površine prema prostornom planu koju zauzima navedeno idejno rješenje (Prilog 13).

U sklopu navedenog idejnog rješenja provedeno je ispitivanje provoznosti mjerodavnog vozila pomoću računalnog programa AutoCAD, odnosno licenciranog dodatka Vehicle Tracking-a. Kao mjerodavna vozilo uzet je kamion s prikolicom dužine 18 m i širine 2,5 m. Trajektorije provoznosti prikazane su u Prilogu 14.

Idejno rješenje 2 prikazano je na slici 5.9.



Slika 5.9. Tlocrt idejnog rješenja 2 - AutoCAD

Izvor: Izradio autor

6. EVALUACIJA POJEDINIH RJEŠENJA

Evaluacija pojedinih rješenja u sklopu ovog diplomskog rada, provest će se korištenjem računalnog simulacijskog alata PTV Vissim. PTV Vissim⁷⁵ je mikroskopski simulacijski alat koji se koristi za modeliranje gradske prometne mreže i operacija javnog gradskog prijevoza te tokova pješaka.

Predložena prometna rješenja moguće je evaluirati s različitih aspekata. U ovom diplomskom radu, evaluacija predloženih prometnih rješenja, bazirat će se na razini usluge pojedinog rješenja. Razina usluge odredit će se prema HCM metodologiji.

HCM (engl. *Highway Capacity Manual*)⁷⁶ predstavlja standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica. Prvenstveno služi za proračune kapaciteta i razina usluga raskrižja, dionica cesta javnog prijevoza te pješačkog i biciklističkog prometa.

Razina usluge (engl. *Level of Service*)⁷⁷ je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnog toka, a utvrđuje se na temelju brzine, vremena putovanja, slobode manevriranja, utjecaja drugog prometa, udobnosti itd.

U ovom diplomskom radu, kao mjera učinka za određivanje razine usluge pojedinog rješenja, koristit će se prosječno vrijeme kašnjenja. Raspodjela šest stupnjeva razine usluge s obzirom na prosječno vrijeme kašnjenja, prikazat će se u tablici 6.1.

Tablica 6.1. Razina usluge s obzirom na prosječno vrijeme kašnjenja (HCM 2010.)

Razina usluge semaforiziranog raskrižja	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]	Razina usluge raskrižja s kružnim tokom [s]	Prosječno vrijeme kašnjenja [s]
A	≤ 10	A	≤ 10
B	> 10 - 20	B	> 10 - 15
C	> 20 - 35	C	> 15 - 25
D	> 35 - 55	D	> 25 - 35
E	> 55 - 80	E	> 35 - 50
F	> 80	F	> 50

Izvor: Legac, I.: Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008., str. 32.

⁷⁵ Vujić, M., Dedić, L.: Priručnik za izradu osnovnog modela semaforiziranog raskrižja korištenjem mikrosimulacijskog alata PTV Vissim, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015., str. 1.

⁷⁶ Novačko, L., Pilko, H.: Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017., str. 1.

⁷⁷ *Ibid*

Proces izrade simulacije odvijanja prometnih tokova na nekom raskrižju u PTV Vissim-u, sastoji se od neophodnih koraka poput⁷⁸: umetanja podloge, određivanja širine i duljine linkova i konektora koji predstavljaju cestovnu mrežu, definiranja kompozicije vozila, unosa prometnih opterećenja, definiranja ruta i distribucije prometnih tokova, određivanja prioriteta prolaska u konfliktnim zonama, definiranja područja raskrižja za potrebe analize rezultata te same analize rezultata.

Prilikom izrade simulacijskih modela pojedinih rješenja, kao podloga, koristit će se prethodno izrađeni tlocrti pojedinih rješenja u računalnom programu AutoCAD. Temelj za kvalitetnu simulaciju predstavljaju točni ulazni podaci. Kao ulazni podaci, koristit će se podaci o prometnom opterećenju, distribuciji i strukturi prometnih tokova, prikupljeni terenskim istraživanjem odnosno brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu. Kako bi se utvrdila učinkovitost pojedinog idejnog rješenja u budućem razdoblju, u obzir će se uzeti i podaci o budućoj prometnoj potražnji, dobiveni primjenom metode jednakih budućih faktora rasta, odnosno prognozom prometa za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. Trajanje simulacije iznosit će 4500 sekundi, od čega je 900 sekundi uzeto za zagrijavanje mreže odnosno punjenje prometnice vozilima, a ostalih 3600 sekundi odnosi se na analizirani vršni sat. Parametar „*Simulation resolution*“ postaviti će se na 10. Ovim parametrom određuje se glatkoća prikaza, odnosno koliko puta će se izračunati pozicija vozila u jednoj simulacijskoj sekundi. Simulacija pojedinog rješenja, provesti će se kroz 10 iteracija, u cilju dobivanja što točnijih izlaznih rezultata simulacijskog modela. Kao konačni rezultati, na temelju kojih će se obaviti evaluacija pojedinog rješenja, uzet će se prosječne vrijednosti izlaznih parametara kroz svih 10 iteracija.

Rezultate simulacijskog modela pojedinog rješenja, predstavljaju sljedeći izlazni parametri:

- prosječno vrijeme kašnjenja (engl. *Average Vehicle Delay*),
- prosječni rep čekanja (engl. *Average Queue Length*),
- maksimalni rep čekanja (engl. *Maximum Queue Length*),
- emisija ispušnih plinova (engl. *Emissions CO, NOx, V0c*) i
- potrošnja goriva (engl. *Fuel Consumption*).

⁷⁸ Vujić, M., Dedić, L.: Priručnik za izradu osnovnog modela semaforiziranog raskrižja korištenjem mikrosimulacijskog alata PTV Vissim, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015., str. 1-16.

Nakon izrade simulacijskog modela pojedinog rješenja, isti će se kalibrirati izmjenom relevantnih parametara. Naposljetku, nakon provedene kalibracije, utvrdit će se validnost izrađenog modela. Validnost simulacijskog modela, utvrdit će se tako da će se uspoređivati podaci o protoku vozila dobiveni simulacijom s podacima o protoku vozila prikupljenim terenskim istraživanjem odnosno brojanjem prometa. Za utvrđivanje validnosti simulacijskog modela, koristit će se GEH statistika. Za izračun GEH-a, koristi se sljedeća formula (10)⁷⁹:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(m-c)^2}{m+c}} \quad (10)$$

gdje je značenje oznaka sljedeće:

- m – protok vozila u simulacijskom modelu [vozila/h]
- c – protok vozila u stvarnosti [vozila/h]

Tablica 6.2. Rezultat GEH statistike i validacija modela

GEH	VALIDNOST MODELA
< 3	Prihvatljiv
3 - 5	Prihvatljiv za lokalne cestovne objekte
> 5	Neprihvatljiv

Izvor: Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

U tablici 6.2. prikazuje se validnost simulacijskog modela s obzirom na rezultat GEH statistike. Simulacijski model je prihvatljiv ako je rezultat GEH statistike manji od tri. Ukoliko je rezultat GEH statistike između tri i pet, simulacijski model je prihvatljiv, isključivo ako se radi o lokalnim cestovnim objektima. Simulacijski model nije prihvatljiv, ako je rezultat GEH statistike veći od pet, što znači da je potrebno ponovno kalibrirati simulacijski model, kako bi se dobili vjerodostojni izlazni rezultati.

U nastavku ovog poglavlja, provest će se evaluacija pojedinog rješenja, na temelju izlaznih rezultata simulacijskih modela izrađenih u računalnom programu PTV Vissim.

⁷⁹ Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

6.1. Evaluacija postojećeg stanja

Postojeće stanje predstavlja klasično četverokrako semaforizirano raskrižje u razini (Prilog 1). Prometni tokovi u okviru postojećeg stanja, upravljani su prometnim svjetlima. Signalni plan koji će se upotrijebiti za izradu simulacijskog modela postojećeg stanja, prikazan je na slici 3.27. Kao ulazni podaci, koristit će se podaci o prometnom opterećenju, distribuciji i strukturi prometnih tokova, prikupljeni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu te podaci o budućoj prometnoj potražnji, dobiveni primjenom metode jednakih budućih faktora rasta. Simulacijski model postojećeg stanja, izrađen u računalnom programu PTV Vissim, prikazat će se na slici 6.1.



Slika 6.1. Simulacijski model postojećeg stanja u PTV Vissim-u

Izvor: Izradio autor

Nakon izrade simulacijskog modela postojećeg stanja, primjenom GEH statistike, validirat će se prethodno izrađen simulacijski model. GEH statistika za simulacijski model postojećeg stanja, prikazat će se u tablici 6.3.

Tablica 6.3. GEH statistika za simulacijski model postojećeg stanja

GEH STATISTIKA – POSTOJEĆE STANJE				
SMJER KRETANJA	MANEVAR	REZULTATI SIMULACIJE m [voz/h]	STVARNO OPTEREĆENJE c [voz/h]	GEH
D306 - KAŽIMIRA ZANKIJA	1 - 2	421	423	0,10
D306 - PUT NINA	1 - 3	358	366	0,42
D306 - PUT MATIJE GUPCA	1 - 4	59	62	0,39
KAŽIMIRA ZANKIJA - D306	2 - 1	468	494	1,19
KAŽIMIRA ZANKIJA - PUT NINA	2 - 3	108	112	0,38
KAŽIMIRA ZANKIJA - PUT MATIJE GUPCA	2 - 4	215	230	1,01
PUT NINA - D306	3 - 1	253	258	0,31
PUT NINA - KAŽIMIRA ZANKIJA	3 - 2	117	114	0,28
PUT NINA - PUT MATIJE GUPCA	3 - 4	80	76	0,45
PUT MATIJE GUPCA - D306	4 - 1	119	124	0,45
PUT MATIJE GUPCA - KAŽIMIRA ZANKIJA	4 - 2	288	300	0,70
PUT MATIJE GUPCA - PUT NINA	4 - 3	98	99	0,10

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.3. prikazuje se GEH statistika za simulacijski model postojećeg stanja. Iz navedene tablice, vidljivo je kako su sve vrijednosti ispod 3, što znači da je model prihvatljiv prema tablici 6.2. Na ovaj način, potvrđuje se validnost simulacijskog modela za postojeće stanje. Nakon utvrđivanja validnosti simulacijskog modela, pristupit će se evaluaciji postojećeg stanja. Rezultati simulacije postojećeg stanja, prikazat će se u tablici 6.4.

Tablica 6.4. Rezultati simulacije postojećeg stanja za trenutačnu prometnu potražnju

REZULTATI SIMULACIJE - POSTOJEĆE STANJE - TRENUTAČNA PROMETNA POTRAŽNJA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QLenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	421	345	783	117	LOS_F	1780	346	413	25
Average	900-4500	1-3	358	409	879	113	LOS_F	1467	285	340	21
Average	900-4500	1-4	59	374	824	77	LOS_E	212	41	49	3
Average	900-4500	2-1	468	443	961	117	LOS_F	2186	425	507	31
Average	900-4500	2-3	108	428	944	155	LOS_F	591	115	137	8
Average	900-4500	2-4	215	476	1008	155	LOS_F	1249	243	289	18
Average	900-4500	3-1	253	26	155	52	LOS_D	612	119	142	9
Average	900-4500	3-2	117	3	90	19	LOS_B	235	46	54	3
Average	900-4500	3-4	80	3	83	50	LOS_D	215	42	50	3
Average	900-4500	4-1	119	45	223	100	LOS_F	449	87	104	6
Average	900-4500	4-2	288	94	298	101	LOS_F	1146	223	266	16
Average	900-4500	4-3	98	61	254	62	LOS_E	302	59	70	4
Average	900-4500	1	2584	226	1187	103	LOS_F	10443	2032	2420	149

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.4. prikazuju se rezultati simulacije postojećeg stanja za trenutačnu prometnu potražnju. Razina usluge određena je s obzirom na vrijeme kašnjenja za semaforizirano raskrižje prema tablici 6.1. Prema simulacijskom modelu postojećeg stanja, unutar vršnog sata, predmetnim raskrižjem prošlo je ukupno 2584 vozila.

Prema simulacijskom modelu postojećeg stanja, na privozu 1, formira se maksimalni rep čekanja duljine 879 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja za navedeni privoz iznosi 117 sekundi, što odgovara razini usluge F. Najdulji maksimalni rep čekanja u sklopu postojećeg stanja, pojavljuje se na privozu 2 u duljini od 1008 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja za isti taj privoz iznosi 155 sekundi, što također odgovara razini usluge F. Duljina maksimalnog repa čekanja na privozu 3 iznosi 155 metara, a najdulje vrijeme kašnjenja 52 sekunde, što odgovara razini usluge D. Na privozu 4, stvara se maksimalni rep čekanja duljine 298 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja za isti privoz iznosi 101 sekundu, što odgovara razini usluge F. Prosječno vrijeme kašnjenja, na razini cjelokupnog raskrižja iznosi 103 sekunde, što u konačnici odgovara razini usluge F.

Uporaba fosilnih goriva, koja koristi velika većina vozila u svijetu, rezultira emisijom štetnih plinova odnosno zagađenjem okoliša. Odvijanjem prometnih tokova na predmetnom raskrižju, unutar vršnog sata, prema simulacijskom modelu postojećeg stanja, potroši se prosječno 149 litara fosilnih goriva, pri čemu se u okoliš emitira oko 10433 grama ugljikovog monoksida, 2032 grama dušikovog oksida i 2420 grama hlapljivih organskih spojeva.

S obzirom na to da je za trenutačnu prometnu potražnju, razina usluge na predmetnom raskrižju F, neće se provoditi daljnja evaluacija postojećeg stanja uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina.

6.2. Evaluacija idejnog rješenja 1

Idejno rješenje 1, predstavlja klasično četverokrako semaforizirano raskrižje u razini (Prilog 5). Prometni tokovi u okviru idejnog rješenja 1, upravljani su prometnim svjetlima. Signalni plan koji će se upotrijebiti za izradu simulacijskog modela idejnog rješenja 1, prikazan je na slici 5.6. Kao ulazni podaci, koristit će se podaci o prometnom opterećenju, distribuciji i strukturi prometnih tokova, prikupljeni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu te podaci o budućoj prometnoj potražnji, dobiveni primjenom metode jednakih budućih faktora rasta. Simulacijski model idejnog rješenja 1, izrađen u računalnom programu PTV Vissim, prikazat će se na slici 6.2.



Slika 6.2. Simulacijski model idejnog rješenja 1 u PTV Vissim-u

Izvor: Izrada autora

Nakon izrade simulacijskog modela idejnog rješenja 1, primjenom GEH statistike, validirat će se prethodno izrađen simulacijski model. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 1, prikazat će se u tablici 6.5.

Tablica 6.5. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 1

GEH STATISTIKA – IDEJNO RJEŠENJE 1				
SMJER KRETANJA	MANEVAR	REZULTATI SIMULACIJE m [voz/h]	STVARNO OPTEREĆENJE c [voz/h]	GEH
D306 - KAŽIMIRA ZANKIJA	1 - 2	420	423	0,15
D306 - PUT NINA	1 - 3	375	366	0,47
D306 - PUT MATIJE GUPCA	1 - 4	62	62	0,00
KAŽIMIRA ZANKIJA - D306	2 - 1	492	494	0,09
KAŽIMIRA ZANKIJA - PUT NINA	2 - 3	117	112	0,47
KAŽIMIRA ZANKIJA - PUT MATIJE GUPCA	2 - 4	231	230	0,07
PUT NINA - D306	3 - 1	253	258	0,31
PUT NINA - KAŽIMIRA ZANKIJA	3 - 2	119	114	0,46
PUT NINA - PUT MATIJE GUPCA	3 - 4	80	76	0,45
PUT MATIJE GUPCA - D306	4 - 1	118	124	0,55
PUT MATIJE GUPCA - KAŽIMIRA ZANKIJA	4 - 2	293	300	0,41
PUT MATIJE GUPCA - PUT NINA	4 - 3	100	99	0,10

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.5. prikazuje se GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 1. Iz navedene tablice, vidljivo je kako su sve vrijednosti ispod 3, što znači da je model prihvatljiv prema tablici 6.2. Na ovaj način, potvrđuje se validnost simulacijskog modela za idejno rješenje 1. Nakon utvrđivanja validnosti simulacijskog modela, pristupit će se evaluaciji idejnog rješenja 1. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1, prikazat će se u tablici 6.6.

Tablica 6.6. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za trenutačnu prometnu potražnju

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 1 - TRENUTAČNA PROMETNA POTRAŽNJA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QlenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOC	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	420	9	92	42	LOS_D	1027	200	238	15
Average	900-4500	1-3	375	9	92	43	LOS_D	872	170	202	12
Average	900-4500	1-4	62	0	0	3	LOS_A	96	19	22	1
Average	900-4500	2-1	492	0	13	7	LOS_A	754	147	175	11
Average	900-4500	2-3	117	0	8	46	LOS_D	287	56	67	4
Average	900-4500	2-4	231	21	98	53	LOS_D	658	128	153	9
Average	900-4500	3-1	253	5	59	52	LOS_D	640	124	148	9
Average	900-4500	3-2	119	0	0	9	LOS_A	199	39	46	3
Average	900-4500	3-4	80	0	0	44	LOS_D	201	39	47	3
Average	900-4500	4-1	118	0	0	40	LOS_D	290	56	67	4
Average	900-4500	4-2	293	5	57	48	LOS_D	836	163	194	12
Average	900-4500	4-3	100	0	0	6	LOS_A	166	32	38	2
Average	900-4500	1	2657	4	105	34	LOS_C	6027	1173	1397	86

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.6. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za trenutačnu prometnu potražnju. Razina usluge određena je s obzirom na vrijeme kašnjenja za semaforizirano raskrižje prema tablici 6.1. Prema simulacijskom modelu idejnog rješenja 1, unutar vršnog sata, predmetnim raskrižjem prošlo je ukupno 2657 vozila.

Prema simulacijskom modelu idejnog rješenja 1, na privozu 1, formira se maksimalni rep čekanja duljine 92 metra, dok najdulje vrijeme kašnjenja za navedeni privoz iznosi 43 sekunde, što odgovara razini usluge D. Najdulji maksimalni rep čekanja u sklopu idejnog rješenja 1, pojavljuje se na privozu 2 u duljini od 98 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja za isti taj privoz iznosi 53 sekunde, što također odgovara razini usluge D. Duljina maksimalnog repa čekanja na privozu 3 iznosi 59 metara, a najdulje vrijeme kašnjenja 52 sekunde, što odgovara razini usluge D. Na privozu 4, stvara se maksimalni rep čekanja duljine 57 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja za isti privoz iznosi 48 sekundi, što također odgovara razini usluge D. Prosječno vrijeme kašnjenja, na razini cjelokupnog raskrižja iznosi 34 sekunde, što u konačnici odgovara razini usluge C.

Uporaba fosilnih goriva, koja koristi velika većina vozila u svijetu, rezultira emisijom štetnih plinova odnosno zagađenjem okoliša. Odvijanjem prometnih tokova na predmetnom raskrižju, unutar vršnog sata, prema simulacijskom modelu idejnog rješenja 1, potroši se prosječno 86 litara fosilnih goriva, pri čemu se u okoliš emitira oko 6027 grama ugljikovog monoksida, 1173 grama dušikovog oksida i 1397 grama hlapljivih organskih spojeva.

U nastavku će se provesti evaluacija idejnog rješenja 1, uzimajući u obzir buduću prometnu potražnju, prognoziranu za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina, primjenom metode jednakih budućih faktora rasta.

Tablica 6.7. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 5 godina (2026.)

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 1 - PROMETNA POTRAŽNJA ZA 5 GODINA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QlenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	450	9	93	43	LOS_D	1122	218	260	16
Average	900-4500	1-3	401	9	93	42	LOS_D	936	182	217	13
Average	900-4500	1-4	64	0	0	3	LOS_A	100	19	23	1
Average	900-4500	2-1	527	0	6	8	LOS_A	832	162	193	12
Average	900-4500	2-3	126	0	1	47	LOS_D	313	61	72	4
Average	900-4500	2-4	248	23	101	54	LOS_D	717	139	166	10
Average	900-4500	3-1	272	5	63	53	LOS_D	700	136	162	10
Average	900-4500	3-2	129	0	0	10	LOS_A	224	44	52	3
Average	900-4500	3-4	85	0	0	43	LOS_D	212	41	49	3
Average	900-4500	4-1	127	0	0	40	LOS_D	312	61	72	4
Average	900-4500	4-2	314	5	59	48	LOS_D	903	176	209	13
Average	900-4500	4-3	107	0	0	8	LOS_A	183	36	43	3
Average	900-4500	1	2850	5	109	35	LOS_C	6554	1275	1519	94

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.7. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 1, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremensko razdoblje od 5 godina. Iz navedene tablice, vidi se kako je razina usluge za sve smjerove kao i za cjelokupno raskrižje ostala ista kao i kod prometne potražnje u 2021. godini.

Tablica 6.8. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 10 godina (2031.)

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 1 - PROMETNA POTRAŽNJA ZA 10 GODINA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QlenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	486	10	100	44	LOS_D	1223	238	284	18
Average	900-4500	1-3	429	10	100	45	LOS_D	1032	201	239	15
Average	900-4500	1-4	68	0	0	4	LOS_A	107	21	25	2
Average	900-4500	2-1	566	1	60	9	LOS_A	926	180	215	13
Average	900-4500	2-3	135	0	46	49	LOS_D	341	66	79	5
Average	900-4500	2-4	266	28	159	58	LOS_E	787	153	182	11
Average	900-4500	3-1	291	5	65	52	LOS_D	747	145	173	11
Average	900-4500	3-2	137	0	0	11	LOS_B	243	47	56	3
Average	900-4500	3-4	89	0	0	41	LOS_D	220	43	51	3
Average	900-4500	4-1	138	0	0	41	LOS_D	341	66	79	5
Average	900-4500	4-2	336	6	65	50	LOS_D	986	192	229	14
Average	900-4500	4-3	116	0	0	8	LOS_A	201	39	47	3
Average	900-4500	1	3058	5	162	37	LOS_D	7155	1392	1658	102

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.8. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 1, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremensko razdoblje od 10 godina. Iz navedene tablice, vidljivo je kako se za smjerove 2-4 i 3-2 kao i za cjelokupno raskrižje, razina usluge smanjila za jedan stupanj u odnosu na 2026. godinu.

Tablica 6.9. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 15 godina (2036.)

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 1 - PROMETNA POTRAŽNJA ZA 15 GODINA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QLenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	518	10	116	45	LOS_D	1337	260	310	19
Average	900-4500	1-3	456	10	116	46	LOS_D	1117	217	259	16
Average	900-4500	1-4	74	0	0	4	LOS_A	118	23	27	2
Average	900-4500	2-1	605	5	158	12	LOS_B	1051	204	243	15
Average	900-4500	2-3	143	5	146	52	LOS_D	373	73	87	5
Average	900-4500	2-4	286	38	254	64	LOS_E	884	172	205	13
Average	900-4500	3-1	309	6	67	53	LOS_D	807	157	187	12
Average	900-4500	3-2	148	0	0	14	LOS_B	284	55	66	4
Average	900-4500	3-4	98	0	0	44	LOS_D	247	48	57	4
Average	900-4500	4-1	148	0	0	42	LOS_D	369	72	85	5
Average	900-4500	4-2	361	6	68	51	LOS_D	1075	209	249	15
Average	900-4500	4-3	123	0	0	10	LOS_A	223	43	52	3
Average	900-4500	1	3268	7	259	39	LOS_D	7884	1534	1827	113

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.9. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 1, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremensko razdoblje od 15 godina. Iz navedene tablice vidljivo je kako se za smjerove 2-1 i 2-4 razina usluge smanjila za jedan stupanj, dok je na razini cjelokupnog raskrižja, razina usluge ostala ista kao i kod prometne potražnje u 2031. godini.

Tablica 6.10. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 20 godina (2041.)

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 1 - PROMETNA POTRAŽNJA ZA 20 GODINA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QlenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	555	12	113	48	LOS_D	1470	286	341	21
Average	900-4500	1-3	488	12	113	48	LOS_D	1223	238	283	17
Average	900-4500	1-4	80	0	0	5	LOS_A	130	25	30	2
Average	900-4500	2-1	646	27	353	18	LOS_B	1240	241	287	18
Average	900-4500	2-3	153	27	335	58	LOS_E	422	82	98	6
Average	900-4500	2-4	308	71	443	74	LOS_E	1030	200	239	15
Average	900-4500	3-1	333	6	72	54	LOS_D	883	172	205	13
Average	900-4500	3-2	157	0	0	16	LOS_B	309	60	72	4
Average	900-4500	3-4	104	0	0	45	LOS_D	265	52	61	4
Average	900-4500	4-1	160	0	0	45	LOS_D	405	79	94	6
Average	900-4500	4-2	385	7	73	52	LOS_D	1162	226	269	17
Average	900-4500	4-3	130	0	0	10	LOS_A	236	46	55	3
Average	900-4500	1	3498	15	446	42	LOS_D	8776	1708	2034	126

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.10. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 1, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremensko razdoblje od 20 godina. Iz navedene tablice, vidljivo je kako se razina usluge za smjer 2-3 smanjila za jednu stupanj, dok je na razini cjelokupnog raskrižja, razina usluge ostala ista kao i kod prometne potražnje u 2036. godini.

Kroz prethodno navedenih pet tablica, provedena je evaluacija idejnog rješenja 1, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremenska razdoblja 5, 10, 15 i 20 godina. Realizacijom idejnog rješenja 1, povećala bi se razina usluge u odnosu na postojeće stanje, za tri stupnja odnosno sa F na C. Nakon 20 godina eksploatacije, razina usluge za idejno rješenje 1, smanjila bi se za jedan stupanj odnosno sa C na D, što je i nakon 20 godina učinkovitije s aspekta razine uslužnosti u odnosu na sadašnju situaciju.

6.3. Evaluacija idejnog rješenja 2

Idejno rješenje 2, predstavlja srednje veliko kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika tj. turbo kružno raskrižje (Prilog 10). Prometni tokovi u okviru idejnog rješenja 2, upravljani su prometnim znakom. Kao ulazni podaci, koristit će se podaci o prometnom opterećenju, distribuciji i strukturi prometnih tokova, prikupljeni brojanjem prometa u jutarnjem vršnom satu te podaci o budućoj prometnoj potražnji, dobiveni primjenom metode jednakih budućih faktora rasta. Simulacijski model idejnog rješenja 2, izrađen u računalnom programu PTV Vissim, prikazat će se na slici 6.3.



Slika 6.3. Simulacijski model idejnog rješenja 2 u PTV Vissim-u

Izvor: Izrada autora

Nakon izrade simulacijskog modela idejnog rješenja 2, primjenom GEH statistike, validirat će se prethodno izrađen simulacijski model. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 2, prikazat će se u tablici 6.11.

Tablica 6.11. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 2

GEH STATISTIKA – IDEJNO RJEŠENJE 2				
SMJER KRETANJA	MANEVAR	REZULTATI SIMULACIJE m [voz/h]	STVARNO OPTEREĆENJE c [voz/h]	GEH
D306 - KAŽIMIRA ZANKIJA	1 - 2	431	423	0,39
D306 - PUT NINA	1 - 3	366	366	0,00
D306 - PUT MATIJE GUPCA	1 - 4	61	62	0,13
KAŽIMIRA ZANKIJA - D306	2 - 1	496	494	0,09
KAŽIMIRA ZANKIJA - PUT NINA	2 - 3	114	112	0,19
KAŽIMIRA ZANKIJA - PUT MATIJE GUPCA	2 - 4	228	230	0,13
PUT NINA - D306	3 - 1	254	258	0,25
PUT NINA - KAŽIMIRA ZANKIJA	3 - 2	116	114	0,19
PUT NINA - PUT MATIJE GUPCA	3 - 4	80	76	0,45
PUT MATIJE GUPCA - D306	4 - 1	118	124	0,55
PUT MATIJE GUPCA - KAŽIMIRA ZANKIJA	4 - 2	289	300	0,64
PUT MATIJE GUPCA - PUT NINA	4 - 3	99	99	0,00

Izvor: Izrada autora

Tablicom 6.11. prikazuje se GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 2. Iz navedene tablice, vidljivo je kako su sve vrijednosti ispod 3, što znači da je model prihvatljiv prema tablici 6.2. Na ovaj način, potvrđuje se validnost simulacijskog modela za idejno rješenje 2. Nakon utvrđivanja validnosti simulacijskog modela, pristupit će se evaluaciji idejnog rješenja 2. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2, prikazat će se u tablici 6.12.

Tablica 6.12. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za trenutačnu prometnu potražnju

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 2 - TRENUTAČNA PROMETNA POTRAŽNJA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QLenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	431	4	68	13	LOS_B	834	162	193	12
Average	900-4500	1-3	366	5	149	20	LOS_C	784	153	182	11
Average	900-4500	1-4	61	6	147	19	LOS_C	143	28	33	2
Average	900-4500	2-1	496	2	72	11	LOS_B	872	170	202	12
Average	900-4500	2-3	114	5	72	11	LOS_B	228	44	53	3
Average	900-4500	2-4	228	5	72	11	LOS_B	500	97	116	7
Average	900-4500	3-1	254	3	63	29	LOS_D	610	119	141	9
Average	900-4500	3-2	116	0	0	35	LOS_D	321	63	75	5
Average	900-4500	3-4	80	7	63	20	LOS_C	194	38	45	3
Average	900-4500	4-1	118	70	267	74	LOS_F	602	117	140	9
Average	900-4500	4-2	289	70	267	73	LOS_F	1515	295	351	22
Average	900-4500	4-3	99	41	267	17	LOS_C	232	45	54	3
Average	900-4500	1	2653	13	271	26	LOS_D	6838	1330	1585	98

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.12. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za trenutačnu prometnu potražnju. Razina usluge određena je s obzirom na vrijeme kašnjenja za raskrižje s kružnim tokom prema tablici 6.1. Prema simulacijskom modelu idejnog rješenja 2, unutar vršnog sata, predmetnim raskrižjem prošlo je ukupno 2653 vozila.

Prema simulacijskom modelu idejnog rješenja 2, na privozu 1, formira se maksimalni rep čekanja duljine 149 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja za navedeni privoz iznosi 20 sekundi, što odgovara razini usluge C. Na privozu 2, stvara se maksimalni rep čekanja duljine 72 metra, dok najdulje vrijeme kašnjenja za isti privoz iznosi 11 sekundi, što odgovara razini usluge B. Duljina maksimalnog repa čekanja na privozu 3 iznosi 63 metra, a najdulje vrijeme kašnjenja 35 sekundi, što odgovara razini usluge D. Najdulji maksimalni rep čekanja u sklopu idejnog rješenja 2, pojavljuje se na privozu 4, u duljini od 267 metara, dok najdulje vrijeme kašnjenja na tom istom privozu iznosi 74 sekunde, što odgovara razini usluge F. Prosječno vrijeme kašnjenja, na razini cjelokupnog raskrižja iznosi 26 sekundi, što u konačnici odgovara razini usluge D.

Uporaba fosilnih goriva, koja koristi velika većina vozila u svijetu, rezultira emisijom štetnih plinova odnosno zagađenjem okoliša. Odvijanjem prometnih tokova na predmetnom raskrižju, unutar vršnog sata, prema simulacijskom modelu idejnog rješenja 2, potroši se prosječno 98 litara fosilnih goriva, pri čemu se u okoliš emitira oko 6838 grama ugljikovog monoksida, 1330 grama dušikovog oksida i 1585 grama hlapljivih organskih spojeva.

U nastavku će se provesti evaluacija idejnog rješenja 2, uzimajući u obzir buduću prometnu potražnju, prognoziranu za vremenska razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina, primjenom metode jednakih budućih faktora rasta.

Tablica 6.13. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 5 godina (2026.)

REZULTATI SIMULACIJE - IDEJNO RJEŠENJE 2 - PROMETNA POTRAŽNJA ZA 5 GODINA											
SimRun	TimeInt	Movement	Vehs (All)	Qlen	QLenMax	VehDelay (All)	LOS(All)	Emissions CO	Emissions NOx	Emissions VOc	Fuel Consumption
Average	900-4500	1-2	458	6	80	20	LOS_C	999	194	232	14
Average	900-4500	1-3	392	11	236	27	LOS_D	986	192	229	14
Average	900-4500	1-4	64	17	236	26	LOS_D	170	33	39	2
Average	900-4500	2-1	532	3	80	12	LOS_B	962	187	223	14
Average	900-4500	2-3	122	6	80	12	LOS_B	247	48	57	4
Average	900-4500	2-4	247	6	80	12	LOS_B	561	109	130	8
Average	900-4500	3-1	272	5	80	42	LOS_E	792	154	184	11
Average	900-4500	3-2	125	0	75	51	LOS_F	429	83	99	6
Average	900-4500	3-4	85	10	7	26	LOS_D	227	44	53	3
Average	900-4500	4-1	116	328	75	246	LOS_F	1583	308	367	23
Average	900-4500	4-2	284	328	668	243	LOS_F	3926	764	910	56
Average	900-4500	4-3	101	269	668	138	LOS_F	836	163	194	12
Average	900-4500	1	2796	72	670	58	LOS_F	11719	2280	2716	168

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.13. prikazuju se rezultati simulacije idejnog rješenja 2, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za vremensko razdoblje od 5 godina. Iz navedene tablice, vidljivo je kako se razina usluge za smjerove 1-2, 1-3, 1-4, 3-1 i 3-4 smanjila za jedan stupanj, dok se za smjer 3-2 smanjila za dva stupnja, a za smjer 4-3 čak za tri stupnja u odnosu na 2021. godinu. Na razini cjelokupnog raskrižja, razina usluge smanjila bi se za dva stupnja, odnosno sa D na F u odnosu na 2021. godinu.

U nastavku se neće provoditi daljnja evaluacija idejnog rješenja 2, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju za ostala vremenska razdoblja od 10, 15 i 20 godina, zbog toga što bi idejno rješenje 2 već nakon 5 godina doseglo razinu usluge F.

Kroz prethodno navedene dvije tablice, provedena je evaluacija idejnog rješenja 2, uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju. Realizacijom idejnog rješenja 2, povećala bi se razina usluge u odnosu na postojeće stanje, za dva stupnja odnosno sa F na D. Nakon 5 godina eksploatacije, razina usluge za idejno rješenje 2, smanjila bi se za dva stupnja odnosno sa D na F, što ukazuje na to kako navedeno idejno rješenje već nakon 5 godina ne bi udovoljavalo zahtjevima prognozirane prometne potražnje.

6.4. Komparacija pojedinih rješenja

Za potrebe utvrđivanja kvalitete i učinkovitosti pojedinog idejnog rješenja u odnosu na postojeće stanje, provest će se komparacijska analiza na temelju izlaznih rezultata simulacijskih modela. U izlazne rezultate simulacijskih modela na kojima će se bazirati ova komparacijska analiza spadaju sljedeći parametri:

- prosječni rep čekanja,
- maksimalni rep čekanja,
- vrijeme kašnjenja i
- razina usluge.

U nastavku će se tablično prikazati rezultati komparacije postojećeg i predloženih idejnih rješenja, s obzirom na sadašnju situaciju odnosno trenutnu prometnu potražnju. Zelenom bojom u tablici, označit će se bolji učinak u odnosu na postojeće stanje, dok će se crvenom bojom označiti lošiji učinak u odnosu na postojeće stanje. Žutom bojom u tablici, označit će se rezultati odnosno vrijednosti parametara, koje su u potpunosti identične vrijednostima za postojeće stanje.

Tablica 6.14. Komparacijska analiza postojećeg stanja i idejnih rješenja za trenutnu prometnu potražnju

KOMPARACIJSKA ANALIZA POSTOJEĆEG I IDEJNIH RJEŠENJA ZA TRENUTACNU PROMETNU POTRAŽNJU															
PROSJEČNI REP ČEKANJA				MAKSIMALNI REP ČEKANJA				VRIJEME KAŠNJENJA				RAZINA USLUGE (LOS)			
SMJER	POSTOJEĆE	IDEJNO 1	IDEJNO 2	SMJER	POSTOJEĆE	IDEJNO 1	IDEJNO 2	SMJER	POSTOJEĆE	IDEJNO 1	IDEJNO 2	SMJER	POSTOJEĆE	IDEJNO 1	IDEJNO 2
1-2	345	9	4	1-2	783	92	68	1-2	117	42	13	1-2	LOS_F	LOS_D	LOS_B
1-3	409	9	5	1-3	879	92	149	1-3	113	43	20	1-3	LOS_F	LOS_D	LOS_C
1-4	374	0	6	1-4	824	0	147	1-4	77	3	19	1-4	LOS_E	LOS_A	LOS_C
2-1	443	0	2	2-1	961	13	72	2-1	117	7	11	2-1	LOS_F	LOS_A	LOS_B
2-3	428	0	5	2-3	944	8	72	2-3	155	46	11	2-3	LOS_F	LOS_D	LOS_B
2-3	476	21	5	2-4	1008	98	72	2-4	155	53	11	2-4	LOS_F	LOS_D	LOS_B
3-1	26	5	3	3-1	155	59	63	3-1	52	52	29	3-1	LOS_D	LOS_D	LOS_D
3-2	3	0	0	3-2	90	0	0	3-2	19	9	35	3-2	LOS_B	LOS_A	LOS_D
3-4	3	0	7	3-4	83	0	63	3-4	50	44	20	3-4	LOS_D	LOS_D	LOS_C
4-1	45	0	70	4-1	223	0	267	4-1	100	40	74	4-1	LOS_F	LOS_D	LOS_F
4-2	94	5	70	4-2	298	57	267	4-2	101	48	73	4-2	LOS_F	LOS_D	LOS_F
4-3	61	0	41	4-3	254	0	267	4-3	62	6	17	4-3	LOS_E	LOS_A	LOS_C
1	226	4	13	1	1187	105	271	1	103	34	26	1	LOS_F	LOS_C	LOS_D

Izvor: Izradio autor

Tablicom 6.14. prikazuje se komparacijska analiza postojećeg stanja i idejnih rješenja, pri čemu se u obzir uzima trenutačna prometna potražnja. Iz navedene tablice, vidljivo je kako bi se realizacijom idejnog rješenja 1, značajno smanjio kako prosječni rep čekanja tako i maksimalni rep čekanja, za sve smjerove odnosno na svim privozima. Što se tiče vremena kašnjenja, isto bi se također smanjilo za sve smjerove, osim za smjer 3-1 za koji bi njegova vrijednost ostala identična kao i kod postojećeg stanja. Realizacija idejnog rješenja 1, rezultirala bi povećanjem razine usluge za sve smjerove, osim za smjerove 3-1 i 3-4 za koje bi ostala ista kao i kod postojećeg stanja. Što se tiče razine usluge cjelokupnog raskrižja, ista bi se u odnosu na postojeće stanje, povećala za tri stupnja odnosno sa F na C.

Iz prethodno navedene tablice, vidljiv je i učinak idejnog rješenja 2 u odnosu na postojeće stanje. Realizacijom idejnog rješenja 2, značajno bi se smanjio prosječni rep čekanja za sve smjerove, osim za smjerove 3-4 i 4-1 za koje bi se isti neznatno povećao u odnosu na postojeće stanje. Povećanje prosječnog repa čekanja za prethodno navedene smjerove, događa se zbog toga što lijevi skretači u sklopu postojećeg stanja imaju poseban prometni trak, dok se u sklopu idejnog rješenja 2, kreću istim prometnim trakom kao i vozila koja zadržavaju smjer kretanja. Maksimalni rep čekanja, osjetno bi se smanjio za sve smjerove, osim za smjerove 4-1 i 4-3 za koje bi se neznatno povećao u odnosu na postojeće stanje. Što se tiče vremena kašnjenja, isto bi se značajno smanjilo za sve smjerove, osim za smjer 3-2 za koji bi se gotovo udvostručilo u odnosu na postojeće stanje. Povećanje vremena kašnjenja za navedeni smjer, događa se zbog toka što desni skretači na privozu 3, u sklopu postojećeg stanja imaju poseban prometni trak, dok se u sklopu idejnog rješenja 2 kreću istim prometnim trakom kao i vozila koja zadržavaju smjer kretanja. Realizacija idejnog rješenja 2, rezultirala bi povećanjem razine usluge za sve smjerove, osim za smjerove 3-1, 3-2, 4-1 i 4-2. Za smjerove 3-1, 4-1 i 4-2 razina usluge ostala bi ista, dok bi se za smjer 3-2 smanjila za dva stupnja odnosno sa B na D. Što se tiče razine usluge cjelokupnog raskrižja, ista bi se u odnosu na postojeće stanje, povećala za dva stupnja odnosno sa F na D.

Kako bi se što lakše vizualizirala učinkovitost pojedinog idejnog rješenja, u nastavku će se grafički prikazati komparacija pojedinog idejnog rješenja u odnosu na postojeće stanje, s obzirom na maksimalni rep čekanja na pojedinom privozu.



Slika 6.4. Komparacija postojećeg stanja i idejnog rješenja 1 prema maksimalnom repu čekanja na pojedinom privozu

Izvor: Izradio autor

Slikom 6.4. prikazuje se komparacija postojećeg stanja i idejnog rješenja 1, prema maksimalnom repu čekanja na pojedinom privozu. Prikazani maksimalni repovi čekanja, odnose se na trenutačnu prometnu potražnju. Crvenim strelicama, prikazuje se maksimalni rep čekanja u sklopu postojećeg stanja, dok se crnim strelicama prikazuje maksimalni rep čekanja u sklopu idejnog rješenja 1. Realizacijom idejnog rješenja 1, ostvario bi se sljedeći učinak:

- privoz 1 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 787 m (90 %)
- privoz 2 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 910 m (90 %)
- privoz 3 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 96 m (62 %)
- privoz 4 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 241 m (81 %)



Slika 6.5. Komparacija postojećeg stanja i idejnog rješenja 2 prema maksimalnom repu čekanja na pojedinom privozu

Izvor: Izradio autor

Slikom 6.5. prikazuje se komparacija postojećeg stanja i idejnog rješenja 2, prema maksimalnom repu čekanja na pojedinom privozu. Prikazani maksimalni repovi čekanja, odnose se na trenutačnu prometnu potražnju. Crvenim strelicama, prikazuje se maksimalni rep čekanja u sklopu postojećeg stanja, dok se crnim strelicama prikazuje maksimalni rep čekanja u sklopu idejnog rješenja 2. Realizacijom idejnog rješenja 2, ostvario bi se sljedeći učinak:

- privoz 1 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 730 m (83 %)
- privoz 2 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 936 m (93 %)
- privoz 3 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 92 m (59 %)
- privoz 4 – smanjenje maksimalnog repa čekanja za 31 m (10 %)

7. ZAKLJUČAK

Zadarska županija odnosno grad Zadar smješten je, na granici Sjevernog i Srednjeg Jadrana. Razvoj turističkih djelatnosti na Jadranu iz godine u godinu privlači sve veći broj turista, što dovodi do povećanja prometne potražnje u ljetnom vremenskom periodu, naročito na prometnicama prema turističkim središtima. Predmetno raskrižje predstavlja čvor na gradskoj obilaznici, točnije na državnoj cesti D306, koja povezuje jadransku magistralu odnosno državnu cestu D8, koja je ujedno i glavna veza između grada Zadra i autoceste A1 s najvećim turističkim središtem na Jadranu, otokom Virom. S obzirom na to da se predmetno raskrižje nalazi na samom obodu grada, isto predstavlja glavno ulazno/izlazno čvorište prema prethodno navedenom otoku. Navedenim raskrižjem, osim otoka Vira, s jadranskom magistralom povezana su i gradska turistička središta odnosno četvrti Diklo, Puntamika i Borik. Konstanti razvoj turizma, doveo je do situacije da predmetno raskrižje ne može više zadovoljiti zahtijevanu prometnu potražnju, koja u ljetnom vremenskom periodu iznosi 2658 voz/h odnosno 33225 voz/danu, što za posljedicu ima značajna prometna zagušenja.

Prometna zagušenja na predmetnom raskrižju, očituju se prvenstveno dugim repovima čekanja, koji na razini cjelokupnog raskrižja u prosjeku iznose 1187 metara. Sljedeći relevantni pokazatelj postojećeg zagušenja je vrijeme kašnjenja, koje za cjelokupno raskrižje u prosjeku iznosi 103 sekunde. Prema navedenim pokazateljima, konačna razina usluge cjelokupnog raskrižja je F. Konkretni nedostaci odnosno problematika trenutačnog odvijanja prometnih tokova, utvrđena je studiozno provedenom analizom postojećeg stanja i to s aspekta propusne moći i s aspekta sigurnosti.

S aspekta propusne moći, uzrok nastanka zagušenja odnosno niske razine uslužnosti je potkapacitiranost privoza tj. preveliki intenzitet prometnih tokova s obzirom na kapacitet postojećeg stanja. Problem prvenstveno predstavlja nedostatak dodatnih provoznih prometnih trakova na svim privozima, a zatim i izostanak posebnih prometnih trakova za desne skretače kao i nedovoljno dugački prometni trakovi za lijeve skretače na privozima 2 i 4.

S aspekta sigurnosti, utvrđeni su sljedeći nedostaci i problematika trenutačnog odvijanja prometnih tokova. Analizom prometne infrastrukture, utvrđen je izostanak pješačke staze u sklopu privoza 1 te dotrajalost gornjeg sloja kolničkog zastora na području uže zone obuhvata. Što se tiče prometne signalizacije, utvrđena je dotrajalost oznaka na kolniku kao i neispravnost 76% postavljenih prometnih znakova. Rezultati analize prometne signalizacije su veoma

poražavajući, s obzirom na činjenicu da ispravno postavljena prometna signalizacija u velikoj mjeri utječe na sigurnost cestovnog prometa. Iscrpnom analizom prometnih nesreća, dolazi se do zaključka kako se velika većina prometnih nesreća događa upravo zbog dugih repova čekanja, odnosno zbog dugotrajnih stani-kreni vožnji koje uzrokuju pad koncentracije vozača, što u većini slučajeva rezultira naletom na stražnji dio vozila ispred sebe prilikom vožnje u slijedu. Osim navedenog problema, veliki dio prometnih nesreća, događa se i zbog negativnog utjecaja koji ima samoposlužna autopraonica u kombinaciji s ishabanim gornjim slojem kolničkog zastora na sigurnost odvijanja prometnih tokova u sklopu privoza 3. Sustavnim rješenjem prethodno navedenih nedostataka u velikoj mjeri bi se smanjio broj prometnih nesreća, što bi u konačnici rezultiralo povećanjem razine sigurnosti odvijanja prometnih tokova.

Provedenom prognozom prometa, utvrđeno je kako se prosječni ljetni dnevni promet povećava u prosjeku za 1,40% svake godine. Uzevši u obzir prethodno navedenu stopu rasta, dolazi se do zaključka kako će se kroz vremensko razdoblje od narednih 20 godina, prometno opterećenje na predmetnom raskrižju povećati sa 33225 voz/danu na 43875 voz/danu, što predstavlja rast prometne potražnje od gotovo 32%.

Uzevši u obzir prognoziranu prometnu potražnju, predlažu se dva idejna rješenja kojima bi se eliminirali nedostaci postojećeg stanja, odnosno riješila problematika odvijanja prometnih tokova na području obuhvata. Kao prvo idejno rješenje, predlaže se klasično četverokrako semaforizirano raskrižje u razini, dok se kao drugo idejno rješenje predlaže srednje veliko kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika. U nastavku su prikazane učinkovitosti predloženih rješenja, utvrđene evaluacijom izlaznih parametara simulacijskih modela.

Realizacijom idejnog rješenja 1, prosječni maksimalni rep čekanja na razini cjelokupnog raskrižja, smanjio bi se sa 1187 metara na 105 metara, što predstavlja smanjenje u iznosu od 91%. Prosječno vrijeme kašnjenja na razini cjelokupnog raskrižja, smanjilo bi se sa 103 sekunde na 34 sekunde, što je za semaforizirano raskrižje ekvivalentno povećanju razine uslužnosti raskrižja za tri stupnja odnosno sa F na C. Uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju, razina uslužnosti za idejno rješenje 1, kroz narednih 20 godina smanjila bi se sa C na D, što ukazuje na činjenicu da bi prometna situacija nakon 20 godina bila povoljnija nego danas. S aspekta sigurnosti, ovim idejnim rješenjem povećava se broj konfliktnih točaka, što automatski ukazuje na smanjenje sigurnosti u odnosu na postojeće stanje. Što se tiče ostalih elemenata relevantnih za sigurno odvijanje prometnih tokova, situacija ostaje ista ili se poboljšava.

Realizacijom idejnog rješenja 2, prosječni maksimalni rep čekanja na razini cjelokupnog raskrižja, smanjio bi se sa 1187 metara na 271 metar, što predstavlja smanjenje u iznosu od 77%. Prosječno vrijeme kašnjenja na razini cjelokupnog raskrižja, smanjilo bi se sa 103 sekunde na 26 sekundi, što je za kružno raskrižje ekvivalentno povećanju razine uslužnosti raskrižja za dva stupnja odnosno sa F na D. Uzimajući u obzir prognoziranu prometnu potražnju, razina uslužnosti za idejno rješenje 2, kroz narednih 5 godina smanjila bi se sa D na F, što ukazuje na kratkoročnost ovoga rješenja. S aspekta sigurnosti, ovim rješenjem smanjuje se broj konfliktnih točaka, smiruje se promet pri prijelazu iz izvanurbanog u urbano područje, smanjuju se brzine kretanja u području raskrižja, što dovodi do lakših posljedica prometnih nesreća, što u konačnici rezultira značajnim povećanjem razine sigurnosti u odnosu na postojeće stanje.

Cilj ovog diplomskog rada je predložiti optimalno idejno rješenje, kojim bi se ujedno povećala razina uslužnosti i razina sigurnosti. Evaluacijom idejnih rješenja, utvrđuje se kako je idejno rješenje 1 značajno učinkovitije s obzirom na razinu uslužnosti, dok je idejno rješenje 2 učinkovitije s obzirom na razinu sigurnosti. Prilikom odabira optimalnog idejnog rješenja, potrebno je odrediti kojemu od prethodno navedena dva kriterija dodijeliti veću važnost.

S obzirom na utvrđene nedostatke postojećeg stanja i probleme koji se pojavljuju prilikom odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju te s obzirom na učinkovitosti pojedinih predloženih rješenja, prilikom odabira optimalnog idejnog rješenja veća važnost dodijelit će se kriteriju razine uslužnosti. Shodno tome, kao optimalno idejno rješenje, odabire se idejno rješenje 1. Idejno rješenje 1, odabrano je zbog toga što bi se njegovom realizacijom značajno povećala razina uslužnosti, pri čemu se ista ne bi osjetno narušila u narednih 20 godina. Isto tako, otklonili bi se glavni nedostaci koji utječu na smanjenje sigurnosti odvijanja prometnih tokova na području obuhvata.

Kao konačni zaključak navodi se sljedeće, ovim istraživanjem utvrđeno je kako bi se realizacijom odabranog idejnog rješenja znatno povećala razina uslužnosti, dok bi se razina sigurnosti podigla na dostatnu razinu, što u konačnici rezultira optimizacijom odvijanja prometnih tokova na području obuhvata, što je ujedno i svrha ovog istraživanja.

LITERATURA:

Knjige:

1. Cerovac, V.: **Tehnika i sigurnost prometa**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
2. Dadić, I., Kos, G., Ševrović, M.: **Teorija prometnog toka**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
3. Dadić, I.: **Teorija i organizacija prometnih tokova**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
4. Legac, I.: **Raskrižja javnih cesta – Cestovne prometnice II**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.

Nastavni materijali:

1. Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: **Prometna signalizacija – autorizirana predavanja**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
2. Luburić, G.: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I – radni materijali za predavanje**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
3. Luburić, G., Ševrović, M., Jovanović, B.: **Teorija prometnog toka – autorizirana predavanja**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
4. Novačko, L., Pilko, H.: **Cestovne prometnice II – Upute za auditorne vježbe i seminarski rad**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
5. Novačko, L., Hozjan, D.: **Cestovne prometnice II – autorizirana predavanja**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
6. Vujić, M., Dedić, L.: **Cestovna telematika – autorizirana predavanja**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
7. Vujić, M., Dedić, L.: **Priručnik za izradu osnovnog modela semaforiziranog raskrižja korištenjem mikrosimulacijskog alata PTV Vissim**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
8. Šoštarić, M., Ščukanec, A., Jakovljević, M.: **Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

Zakonski propisi i smjernice:

1. Zakon o cestama (NN 110/19)
2. Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 42/20)
3. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01)
4. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)
5. Pravilnik o autobusnim stajalištima (NN 119/07)
6. Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi (NN 28/16)
7. Odluka o razvrstavanju javnih cesta (NN 18/21)
8. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.
9. Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.

Mrežni izvori:

1. URL: www.openstreetmap.com [Pristupljeno: travanj 2021.]
2. URL: www.googlemaps.com [Pristupljeno: travanj 2021.]
3. URL: <https://geoportal.dgu.hr> [Pristupljeno: travanj 2021.]
4. Strategija razvoja grada Zadra. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Strategija%20razvoja%20grada%20Zadra.pdf> [Pristupljeno: travanj 2021.]
5. Položaj i osnovne prostorne karakteristike Zadarske županije. Preuzeto sa: <https://www.zadarska-zupanija.hr/polozej-i-osnovne-prostorne-karakteristike-zadarske-zupanije> [Pristupljeno: travanj 2021.]
6. Procjena rizika od velikih nesreća za Grad Zadar. Preuzeto sa: https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Procjena%20rizika_Zadar.pdf [Pristupljeno: travanj 2021]
7. Prometni masterplan funkcionalne regije Sjeverna Dalmacija. Preuzeto sa: [https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Prijedlog%20nacrt%20Prometnog%20masterplana%20FR%20Sjeverna%20Dalmacija\[1\].pdf](https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Prijedlog%20nacrt%20Prometnog%20masterplana%20FR%20Sjeverna%20Dalmacija[1].pdf) [Pristupljeno: travanj 2021]
8. Prostorni plan Zadarske županije. Preuzeto sa: <https://www.zpu-zadup.hr/prostorno-uredjenje#1> [Pristupljeno: travanj 2021]

9. Detaljni plan uređenja područja „Žmirići“ u Zadru. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/plan/dpu-podrucja-zmirici-u-zadru-142.html> [Pristupljeno: travanj 2021]
10. Prostorni plan uređenja grada Zadra. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/plan/prostorni-plan-uredjenja-grada-zadra-173.html> [Pristupljeno: travanj 2021.]
11. Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske, Hrvatske ceste d.o.o. Preuzeto sa: <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
12. Izvješće o radu za 2020. godinu, Liburnija d.o.o. Preuzeto sa: https://www.liburnija-zadar.hr/docs/Izvje_e_o_rad_u_za_2020._godinu.pdf [Pristupljeno: srpanj 2021.]

Ostali izvori:

1. Podaci o prometnim nesrećama, Postaja prometne policije, Policijska uprava Zadarska, Ministarstvo unutarnjih poslova.

POPIS KRATICA:

HCM	(engl. <i>Highway Capacity Manual</i>) Standard u projektiranju i planiranju cesta
LOS	(engl. <i>Level of Service</i>) Razina usluge
EJA	Ekvivalent jedinice automobila
BDP	Bruto domaći proizvod
PGDP	Prosječni godišnji dnevni promet
PLDP	Prosječni ljetni dnevni promet
CO	(engl. <i>Carbon Monoxide</i>) Ugljični monoksid
NOx	(engl. <i>Nitrogen Oxides</i>) Dušikovi oksidi
VOc	(engl. <i>Volatile Organic Compounds</i>) Hlapljivi organski spojevi
NN	Narodne novine
HRN	Hrvatska norma

POPIS SLIKA:

<i>Slika 2.1.</i> Položaj Zadarske županije i grada Zadra na karti Hrvatske	5
<i>Slika 2.2.</i> Geoprometni položaj grada Zadra	6
<i>Slika 2.3.</i> Prikaz makro lokacije predmetnog raskrižja	7
<i>Slika 2.4.</i> Prikaz mikro lokacije predmetnog raskrižja	9
<i>Slika 3.1.</i> Postojeće stanje iz zraka	11
<i>Slika 3.2.</i> Tlocrt postojećeg stanja - AutoCAD	11
<i>Slika 3.3.</i> Prostorni plan Zadarske županije.....	13
<i>Slika 3.4.</i> Prostorni plan uređenja Grada Zadra	14
<i>Slika 3.5.</i> Detaljni plan uređenja područja „Žmirići“ u Zadru.....	15
<i>Slika 3.6.</i> Privoz 1 – D306	17
<i>Slika 3.7.</i> Privoz 2 – Ulica Kažimira Zankija	19
<i>Slika 3.8.</i> Privoz 3 – Put Nina.....	20
<i>Slika 3.9.</i> Privoz 4 – Put Matije Gupca.....	21
<i>Slika 3.10.</i> Intenzitet i distribucija prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu	31
<i>Slika 3.11.</i> Intenzitet i distribucija prometnih tokova u poslijepodnevnom vršnom satu	37
<i>Slika 3.12.</i> Postavljanje prometnih znakova	42
<i>Slika 3.13.</i> Grupiranje i broj prometnih nesreća unutar uže zone obuhvata	57
<i>Slika 3.14.</i> Osnovne vrste prometnih radnji.....	64
<i>Slika 3.15.</i> Konfliktna situacija za pojedinu vrstu/oblik raskrižja	65
<i>Slika 3.16.</i> Konfliktna situacija postojećeg stanja	66
<i>Slika 3.17.</i> Zaustavna preglednost l_{p1}	67
<i>Slika 3.18.</i> Polja preglednosti u okviru zaustavne preglednosti	69
<i>Slika 3.19.</i> Preglednost kod približavanja l_{p2}	69
<i>Slika 3.20.</i> Polja preglednosti u okviru preglednosti kod približavanja za privoz 2.....	71
<i>Slika 3.21.</i> Polja preglednosti u okviru preglednosti kod približavanja za privoz 4.....	71
<i>Slika 3.22.</i> Privozna preglednost l_{p3}	72
<i>Slika 3.23.</i> Polja preglednosti u okviru privozne preglednosti za privoz 2.....	73
<i>Slika 3.24.</i> Polja preglednosti u okviru privozne preglednosti za privoz 4.....	73
<i>Slika 3.25.</i> Položaj prometnih svjetala – postojeće stanje	76
<i>Slika 3.26.</i> Raspored izmjene signalnih grupa u postojećem signalnom planu	76
<i>Slika 3.27.</i> Signalni plan semaforškog sustava predmetnog raskrižja	77

Slika 3.28. Autobusna linija Kolodvor - Mala Pošta - Žmirići - Puntamika.....	79
Slika 3.29. Autobusno stajalište - Privoz 4	80
Slika 3.30. Autobusno stajalište - Privoz 3	81
Slika 3.31. Položaj parkirališnih površina na području uže zone obuhvata.....	82
Slika 3.32. Parkirališna površina 1	83
Slika 3.33. Parkirališna površina 2.....	83
Slika 3.34. Parkirališna površina 3.....	84
Slika 4.1. Položaj brojača prometa (Kožino-4808).....	90
Slika 5.1. Tlocrt idejnog rješenja 1 - AutoCAD	109
Slika 5.2. Prikaz parametara potrebnih za izračun zaštitnog međuvremena.....	110
Slika 5.3. Putanje kretanja vozila unutar raskrižja	111
Slika 5.4. Raspodjela prometnih tokova	114
Slika 5.5. Raspored izmjene signalnih grupa u novom signalnom planu	115
Slika 5.6. Signalni plan za idejno rješenje 1	121
Slika 5.7. Položaj prometnih svjetala – idejno rješenje 1	121
Slika 5.8. Turbo blok.....	123
Slika 5.9. Tlocrt idejnog rješenja 2 - AutoCAD	127
Slika 6.1. Simulacijski model postojećeg stanja u PTV Vissim-u.....	131
Slika 6.2. Simulacijski model idejnog rješenja 1 u PTV Vissim-u.....	134
Slika 6.3. Simulacijski model idejnog rješenja 2 u PTV Vissim-u.....	140
Slika 6.4. Komparacija postojećeg stanja i idejnog rješenja 1 prema maksimalnom repu čekanja na pojedinom privozu	146
Slika 6.5. Komparacija postojećeg stanja i idejnog rješenja 2 prema maksimalnom repu čekanja na pojedinom privozu	147

POPIS TABLICA:

Tablica 3.1. Ekvivalentne jedinice osobnih automobila za pojedine skupine vozila.....	26
Tablica 3.2. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 1	27
Tablica 3.3. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 2	28
Tablica 3.4. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 3	29
Tablica 3.5. Rezultati brojanja prometa u jutarnjem vršnom satu za privoz 4	30
Tablica 3.6. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 1	33
Tablica 3.7. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 2	34
Tablica 3.8. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 3	35
Tablica 3.9. Rezultati brojanja prometa u poslijepodnevnom vršnom satu za privoz 4	36
Tablica 3.10. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 1	43
Tablica 3.11. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 2	44
Tablica 3.12. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 3	45
Tablica 3.13. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih znakova na privozu 4	46
Tablica 3.14. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 1	51
Tablica 3.15. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 2	51
Tablica 3.16. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 3	52
Tablica 3.17. Analiza izvedenih oznaka na kolniku privoza 4	53
Tablica 3.18. Provjera ispravnosti postavljenih prometnih svjetala na predmetnom raskrižju	55
Tablica 3.19. Broj prometnih nesreća po godinama	58
Tablica 3.20. Broj prometnih nesreća po godinama s obzirom na posljedice	58
Tablica 3.21. Broj nastradalih osoba po godinama u prometnim nesrećama	59
Tablica 3.22. Broj prometnih nesreća po mjesecima za svaku godinu	59
Tablica 3.23. Broj prometnih nesreća po danima u tjednu za svaku godinu	60
Tablica 3.24. Broj prometnih nesreća prema dobi dana za svaku godinu	60
Tablica 3.25. Broj prometnih nesreća prema vremenskim uvjetima za svaku godinu	61
Tablica 3.26. Broj prometnih nesreća prema vrsti za svaku godinu	61
Tablica 3.27. Broj prometnih nesreća s obzirom na uzrok po godinama	62
Tablica 3.28. Potrebne duljine zaustavne preglednosti l_{p1}	68
Tablica 3.29. Potrebna duljina kraka vidnog polja na glavnom pravcu l_{p2}	70
Tablica 3.30. Privozna preglednost l_{p3} u ovisnosti o 85 percentilnoj brzini	72
Tablica 3.31. Podaci o trajanju signalnih pojmova za pojedinu signalnu grupu	77

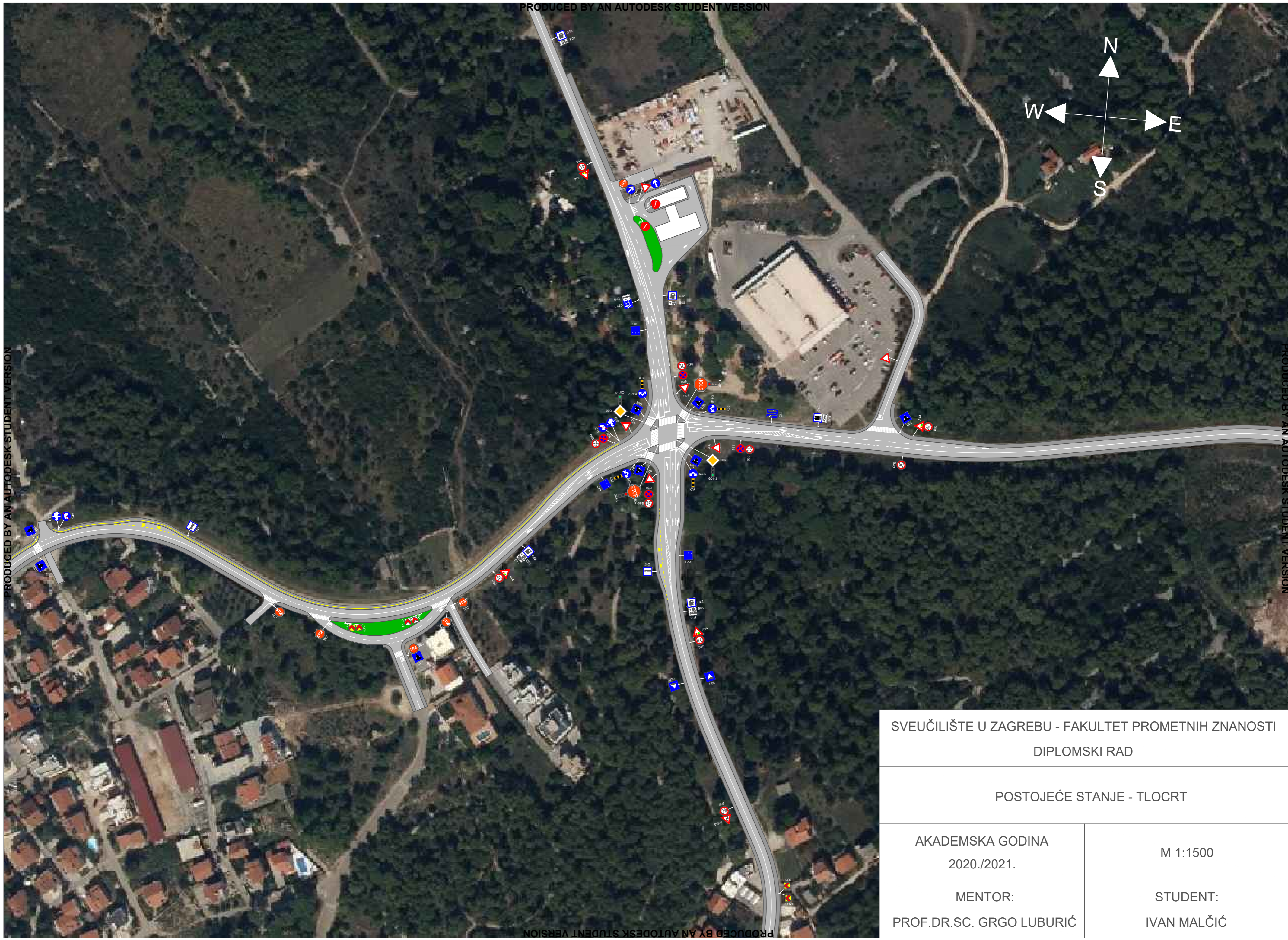
Tablica 3.32. Starosna struktura gradskih autobusa.....	78
Tablica 3.33. Starosna struktura prigradskih autobusa	78
Tablica 4.1. Podaci o PGDP-u i PLDP-u s brojačkog mjesta (Kožino-4808)	91
Tablica 4.2. Rast/pad PGDP-a i PLDP-a po godinama na brojačkom mjestu (Kožino-4808)	93
Tablica 4.3. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa	94
Tablica 4.4. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa	95
Tablica 4.5. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa	96
Tablica 4.6. Podaci o PGDP-u i PLDP-u s brojačkog mjesta (Kožino-4808)	98
Tablica 4.7. Prometno opterećenje privoza 1 prema prognozi prometa	100
Tablica 4.8. Distribucija prometnih tokova na predmetnom raskrižju	101
Tablica 4.9. Izračun intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar u 2026. godini.....	101
Tablica 4.10. Intenzitet prometnih tokova za pojedini manevar prema prognozi prometa ...	102
Tablica 4.11. Prometno opterećenje pojedinog privoza prema prognozi prometa	102
Tablica 4.12. Prometno opterećenje raskrižja prema prognozi prometa	103
Tablica 5.1. Parametri za izračun zaštitnih međuvremena	112
Tablica 5.2. Matrica zaštitnih međuvremena	112
Tablica 5.3. Preporučene dimenzije turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini	123
Tablica 6.1. Razina usluge s obzirom na prosječno vrijeme kašnjenja (HCM 2010.).....	128
Tablica 6.2. Rezultat GEH statistike i validacija modela	130
Tablica 6.3. GEH statistika za simulacijski model postojećeg stanja.....	132
Tablica 6.4. Rezultati simulacije postojećeg stanja za trenutačnu prometnu potražnju	132
Tablica 6.5. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 1	135
Tablica 6.6. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za trenutačnu prometnu potražnju	135
Tablica 6.7. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 5 godina (2026.)	137
Tablica 6.8. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 10 godina (2031.)	137
Tablica 6.9. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 15 godina (2036.)	138
Tablica 6.10. Rezultati simulacije idejnog rješenja 1 za 20 godina (2041.)	139
Tablica 6.11. GEH statistika za simulacijski model idejnog rješenja 2.....	141
Tablica 6.12. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za trenutačnu prometnu potražnju	141
Tablica 6.13. Rezultati simulacije idejnog rješenja 2 za 5 godina (2026.)	143
Tablica 6.14. Komparacijska analiza postojećeg stanja i idejnih rješenja za trenutačnu prometnu potražnju.....	144

POPIS GRAFIKONA:

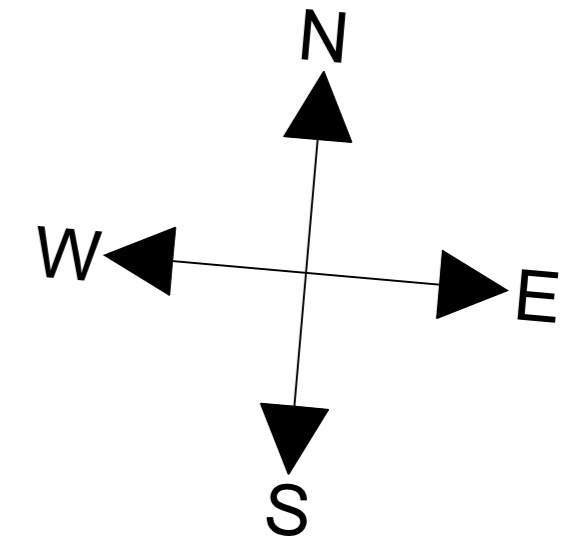
Grafikon 3.1. Dnevni promet na brojačkom mjestu (Kožino-4808) u 2020. godini	23
Grafikon 3.2. Raspodjela 200 najopterećenijih vršnih sati po mjesecima u godini	23
Grafikon 3.3. Raspodjela 200 najopterećenijih vršnih sati po danima u tjednu	24
Grafikon 3.4. Prosječni satni promet u danu	25
Grafikon 3.5. Struktura prometnog toka za jutarnji vršni sat	32
Grafikon 3.6. Struktura prometnog toka za poslijepodnevni vršni sat	38
Grafikon 3.7. Okvirne preporuke za odabir načina upravljanja raskrižjima u razini	39
Grafikon 3.8. Raspodjela analiziranih prometnih znakova prema njihovoj funkciji.....	47
Grafikon 3.9. Udio ispravno i neispravno postavljenih prometnih znakova	48
Grafikon 4.1. Varijacije PGDP-a i PLDP-a u proteklih 10 godina na brojačkom mjestu 4808	91
Grafikon 4.2. Vršni sat kao % PGDP-a na brojačkom mjestu (Kožino-4808).....	96
Grafikon 4.3. Prognoza prometa primjenom pravca regresije.....	99

POPIS PRILOGA:

- Prilog 1.** Postojeće stanje – Tlocrt
- Prilog 2.** Postojeće stanje – Kote
- Prilog 3.** Postojeće stanje – Zauzeće površine
- Prilog 4.** Postojeće stanje – Namjena površina
- Prilog 5.** Idejno rješenje 1 – Tlocrt
- Prilog 6.** Idejno rješenje 1 – Kote
- Prilog 7.** Idejno rješenje 1 – Zauzeće površine
- Prilog 8.** Idejno rješenje 1 – Namjena površina
- Prilog 9.** Idejno rješenje 1 – Trajektorije provoznosti
- Prilog 10.** Idejno rješenje 2 – Tlocrt
- Prilog 11.** Idejno rješenje 2 – Kote
- Prilog 12.** Idejno rješenje 2 – Zauzeće površine
- Prilog 13.** Idejno rješenje 2 – Namjena površina
- Prilog 14.** Idejno rješenje 2 – Trajektorije provoznosti



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
POSTOJEĆE STANJE - TLOCRT	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



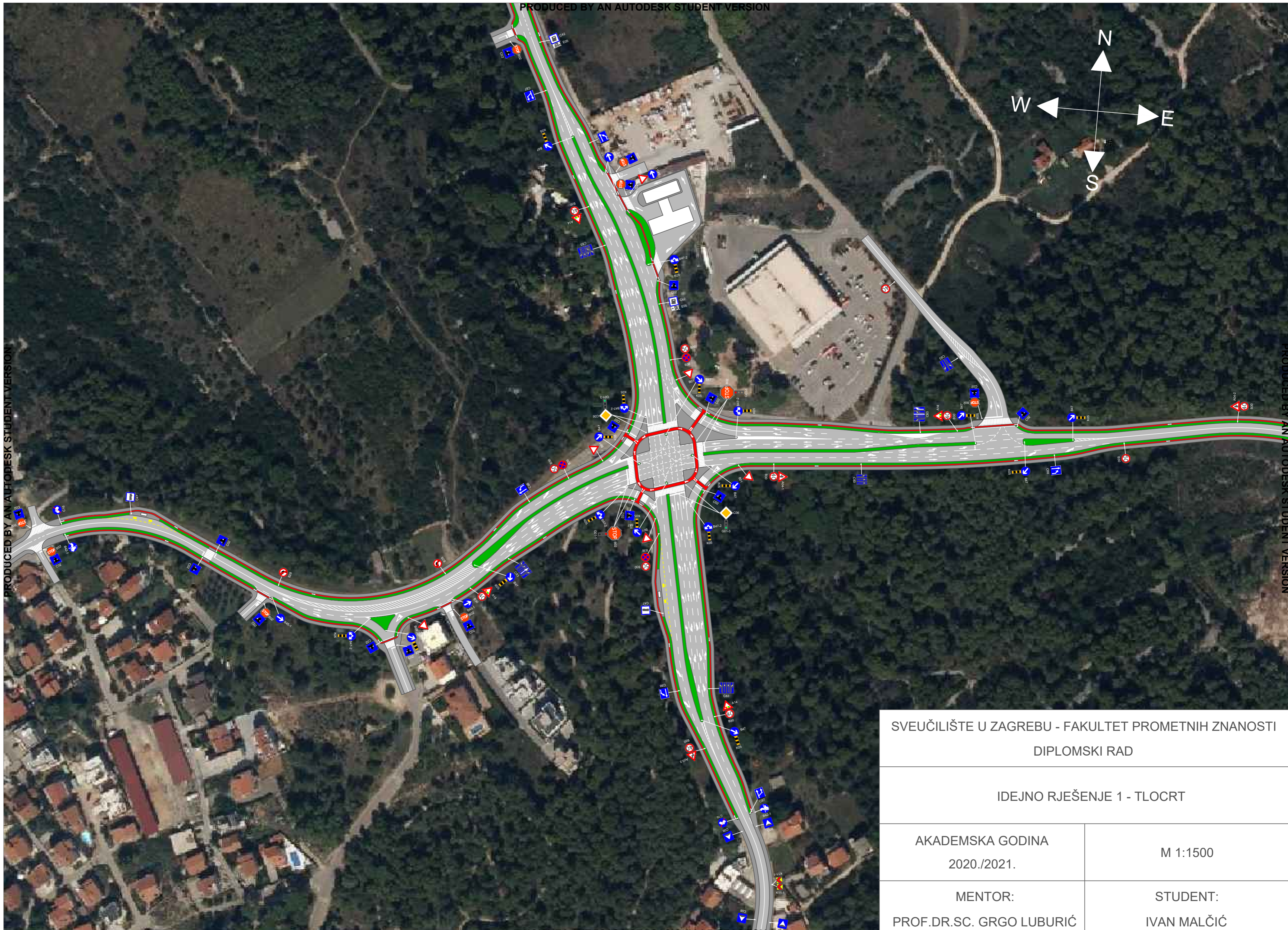
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
POSTOJEĆE STANJE - KOTE	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



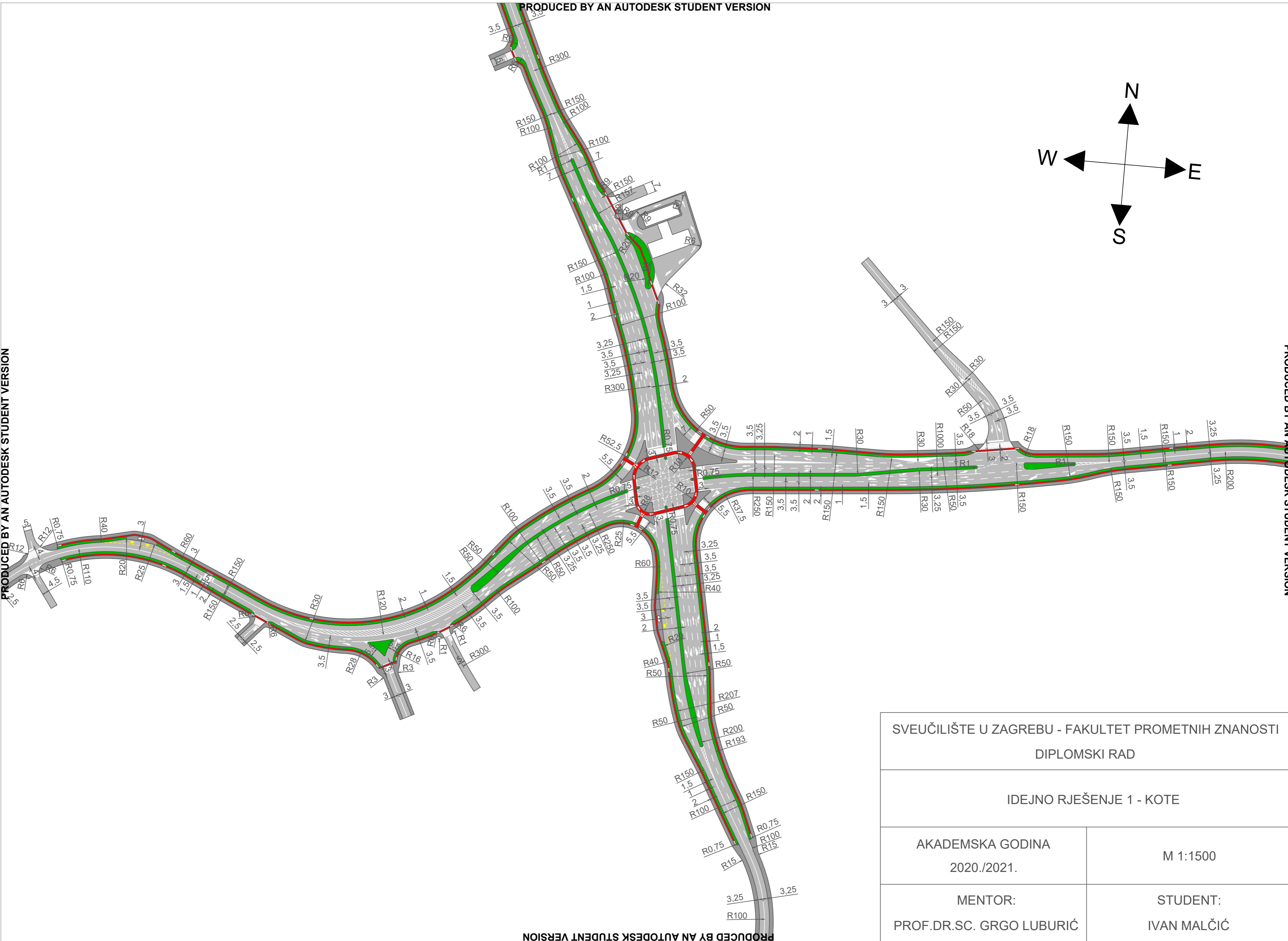
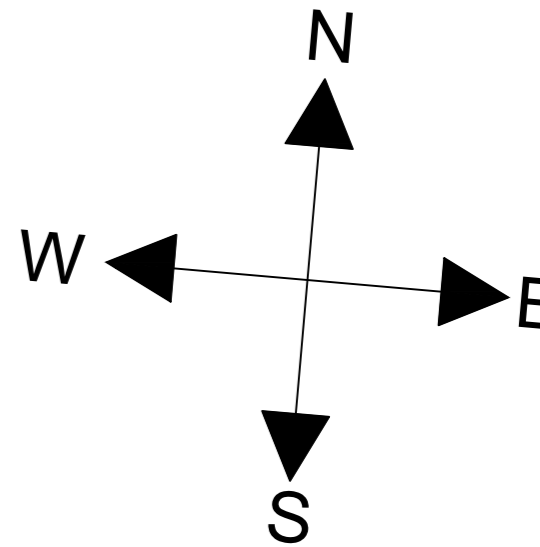
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
POSTOJEĆE STANJE - ZAUZEĆE POVRŠINE	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



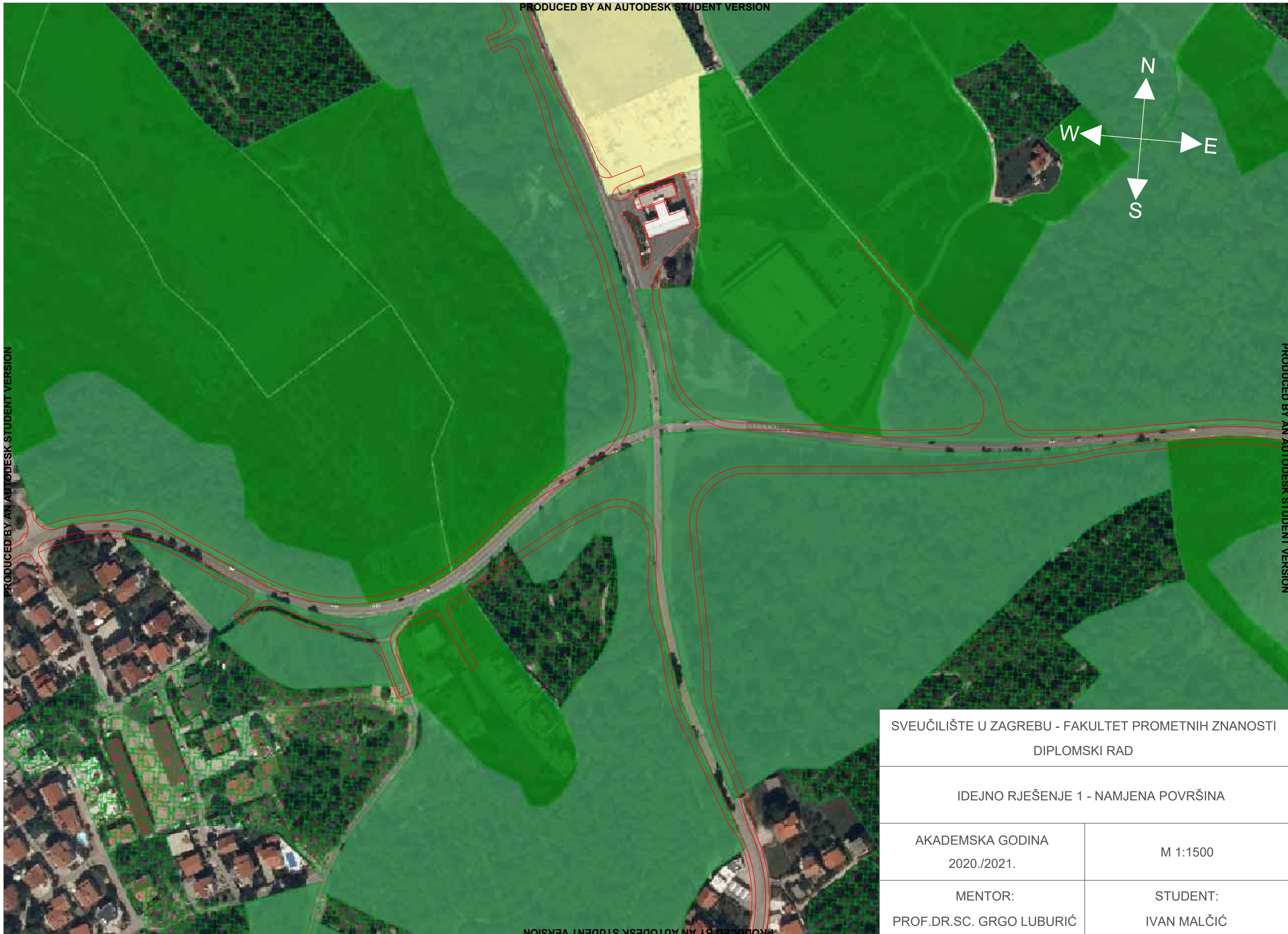
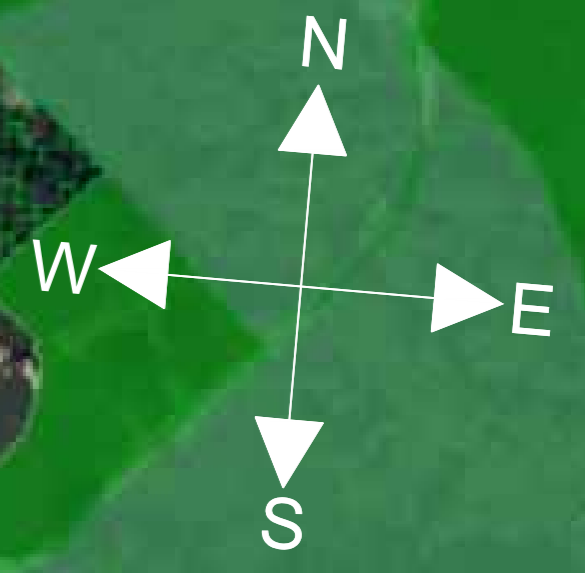
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI DIPLOMSKI RAD	
POSTOJEĆE STANJE - NAMJENA POVRŠINA	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



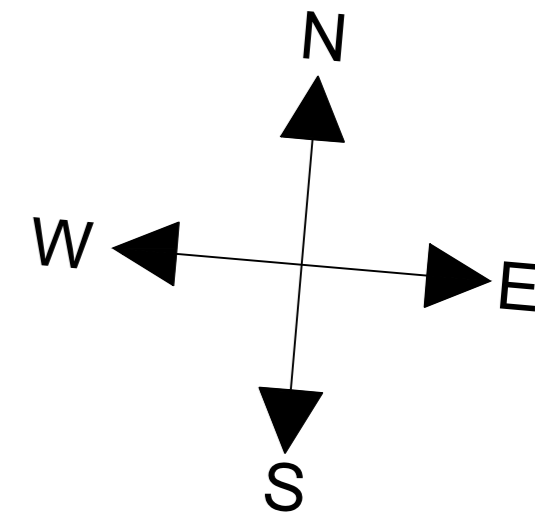
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 1 - TLOCRT	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 1 - KOTE	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ

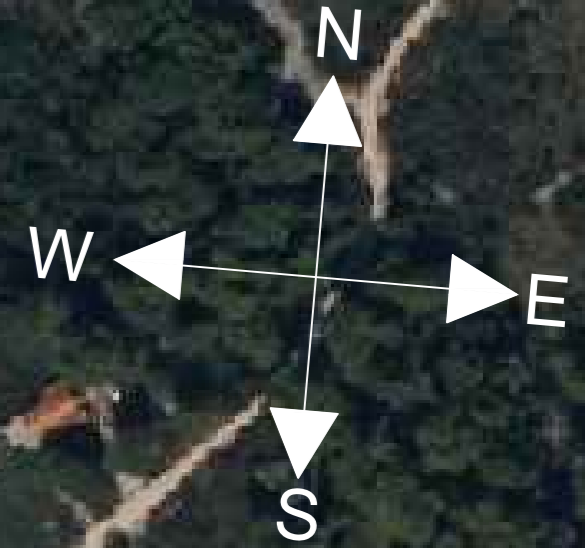


SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 1 - NAMJENA POVRŠINA	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 1 - TRAJEKTORIJE PROVOZNOŠTI	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1000
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



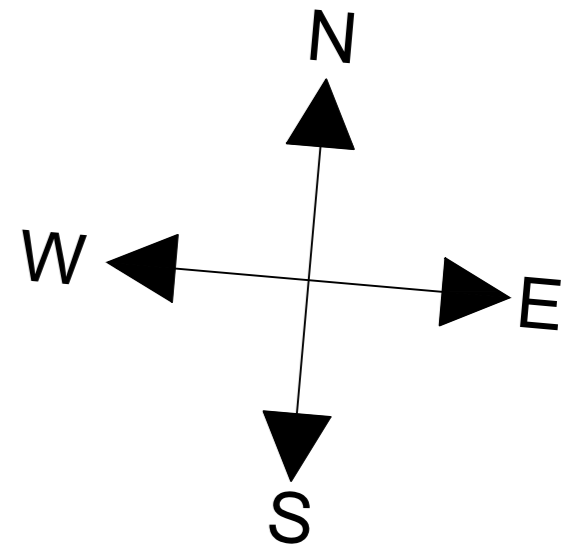
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 2 - TLOCRT	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



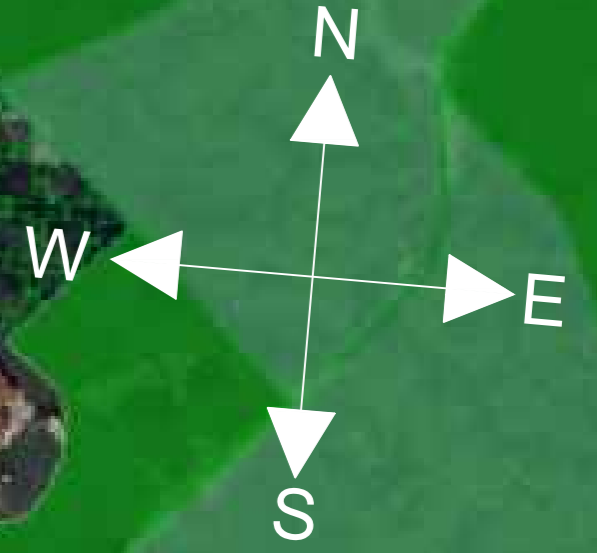
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 2 - KOTE	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



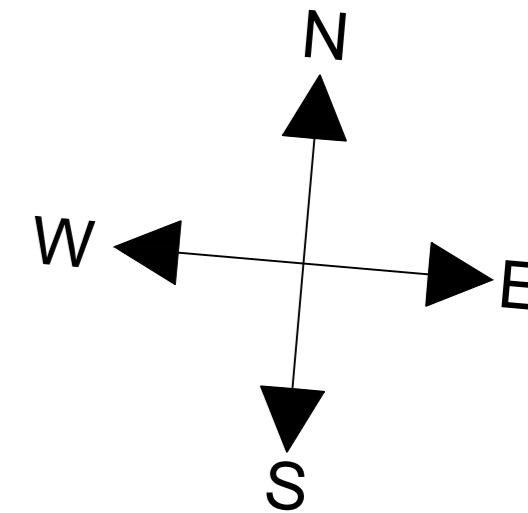
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 2 - ZAUZEĆE POVRŠINE	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 2 - NAMJENA POVRŠINA	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1500
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
IDEJNO RJEŠENJE 2 - TRAJEKTORIJE PROVOZNOСТИ	
AKADEMSKA GODINA 2020./2021.	M 1:1000
MENTOR: PROF.DR.SC. GRGO LUBURIĆ	STUDENT: IVAN MALČIĆ



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.

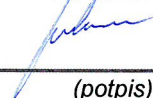
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Optimizacija prometnih tokova na raskrižju D306, Ulica Kažimira
Zankija, Put Nina i Put Matije Gupca u gradu Zadru**

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

U Zagrebu, _____ 06.09.2021. _____

Student/ica:



(potpis)