

Idejno prometno rješenje raskrižja državne ceste D8 s Ulicom Ante Starčevića i Ulicom bleiburških žrtava u gradu Zadru

Bobić, Ante

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:249666>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ante Bobić

**IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA
DRŽAVNE CESTE D8 S ULICOM ANTE
STARČEVIĆA I ULICOM BLEIBURŠKIH
ŽRTAVA U GRADU ZADRU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA
DRŽAVNE CESTE D8 S ULICOM ANTE
STARČEVIĆA I ULICOM BLEIBURŠKIH
ŽRTAVA U GRADU ZADRU**

**CONCEPTUAL TRAFFIC SOLUTION OF THE
INTERSECTION D8 ANTE STARČEVIĆA
STREET AND BLEIBURŠKI ŽRTAVA STREET IN
THE CITY OF ZADAR**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Luka Novačko

Student: Ante Bobić

JMBAG: 0135247924

Zagreb, lipanj 2024.

Zagreb, 3. travnja 2024.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovne prometnice II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7608

Pristupnik: **Ante Bobić (0135247924)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Idejno prometno rješenje raskrižja državne ceste D8 s Ulicom Ante Starčevića i Ulicom bleiburških žrtava u gradu Zadru**

Opis zadatka:

Grad Zadar je jedan od najatraktivnijih turističkih gradova u Republici Hrvatskoj. Dionica DC8 koja se pruža od naplatne postaje Zadar-zapad autoceste A1 makroskopski promatrano služi kao prometnica koja povezuje sjeverni i južni dio jadranske obale, a mezoskopski kao prometnica povezuje nekoliko poslovnih i industrijskih zona, te gravitacijsko područje Zadra s gradom Zadrom. Zbog navedenih činjenica DC8 predstavlja cestu s najvećim opterećenjem u gradu Zadru kojeg čine dnevne migracije dolazaka iz gravitacijskog područja i odlazaka s posla u gravitacijsko područje izvan turističke sezone. U turističkoj sezoni se opterećenje navedene prometnice znatno povećava. Raskrižje DC8 s Ulicama Ante Starčevića i Ulicom bleiburških žrtava predstavlja ključno raskrižje u raspodjeli vozila s obzirom na izvor i cilj putovanja. Cilj istraživanja prikupiti i analizirati podatke o prometnim opterećenjima unutar i izvan turističke sezone, a sukladno navedenom predložiti mjere koje će povećati propusnu moć dionice DC8 i raskrižja DC8 s Ulicom Ante Starčevića i Ulicom bleiburških žrtava. Svrha rada je da predložene mjere smanje vrijeme putovanja dnevnih migracija domicilnog stanovništva, te postizanje optimuma razvijenosti cestovne prometne infrastrukture u donosu na gospodarski rast i budući razvoj.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Luka Novačko

IDEJNO PROMETNO RJEŠENJE RASKRIŽJA DRŽAVNE CESTE D8 S ULICOM ANTE STARČEVIĆA I ULICOM BLEIBURŠKIH ŽRTAVA U GRADU ZADRU

SAŽETAK:

Raskrižje Ulica Ante Starčevića, Ulice Bleiburških žrtava i državne ceste D8 je jedno od prometno najopterećenijih raskrižja na području grada Zadra. Budući da su na predmetnom raskrižju identificirani nedostaci u odvijanju prometnih tokova u razdobljima vršnog sata, cilj ovog rada je analizirati predmetno raskrižje te na temelju analize predložiti idejna prometna rješenja.

Analizom postojećeg stanja su prikupljeni podaci o prostorno-planskoj dokumentaciji, prometnom opterećenju, sigurnosti odvijanja prometnih tokova, regulacije prometnih tokova te javnog gradskog prijevoza

Nakon detaljne analize izrađene su dvije varijante prijedloga rješenja te su i obrazloženi razlozi njihove primjene. Prijedlozi rješenja su izrađeni s pomoću računalnog programa AutoCAD.

Nakon izrade prijedloga rješenja, za svaku varijantu su izrađeni simulacijski modeli. Evaluacijom rezultata simulacijskih modela percipirana je prihvatljivost pojedinog prijedloga rješenja. Simulacijski modeli i evaluacija rezultata je izrađena s pomoću računalnog programa PTV Vissim, a prihvatljivost rješenja je kategorizirana HCM metodologijom.

KLJUČNE RIJEČI: prometni tok; vršni sat; analiza postojećeg stanja; prijedlog rješenja

CONCEPTUAL TRAFFIC SOLUTION OF THE INTERSECTION D8 ANTE STARČEVIĆA STREET AND BLEIBURŠKI ŽRTAVA STREET IN THE CITY OF ZADAR

SUMMARY:

The intersection of Ante Starčević Street, Bleiburški Žrtava Street and the state road D8 is one of the busiest intersections in the area of the city of Zadar. Since deficiencies in the development of traffic flows during peak hours have been identified at the subject intersection, the goal of this thesis is to analyze the subject intersection and, based on the analysis, to propose conceptual traffic solutions.

Through the analysis of the existing situation, data on spatial planning documentation, traffic load, safety of traffic flows, regulation of traffic flows and public city transport were collected.

After a detailed analysis, two variants of the proposed solutions were created and the reasons for their application were explained. The proposed solutions were created using the computer program AutoCAD.

After creating a solution proposal, simulation models were created for each variant. The acceptability of each proposed solution was evaluated by evaluating the results of simulation models. Simulation models and evaluation of the results were created using the computer program PTV Vissim, and the acceptability of the solution was categorized using the HCM methodology.

KEY WORDS: traffic flow; peak hour; analysis of the existing situation; proposal of solutions;

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA	3
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA	7
3.1. Analiza geoprometnog položaja	7
3.2. Analiza prostorno-planske dokumentacije	8
3.3. Analiza postojeće prometne infrastrukture	15
3.3.1. Analiza prometne infrastrukture motoriziranog prometa	16
3.3.2. Analiza prometne infrastrukture nemotoriziranog prometa	26
3.4. Analiza postojeće regulacije i organizacije prometnih tokova	28
3.5. Analiza postojećih prometnih tokova	36
3.5.1. Rezultati brojanja za 2.10.2023. godine	42
3.5.2. Rezultati brojanja za 21.7.2023. godine	50
3.5.3. Rezultati brojanja pješackog prometa za 26.03.2024 godine	57
3.6. Analiza javnog gradskog i prigradskog prijevoza	58
3.7. Analiza sigurnosti	61
4. METODOLGIJA I PRORAČUNI PROMETNIH PARAMETARA RASKRIŽJA....	66
4.1. Metodologija primjene HCM-a	66
4.2. Metodologija proračuna prometnih parametara za analizu raskrižja	67
4.2.1. Proračun prometnih parametara semaforiziranih raskrižja	67
4.2.2. Proračun prometnih parametara raskrižja s kružnim tokom prometa....	70
5. PRIJEDLOG RJEŠENJA.....	75
5.1. Prijedlog rješenja 1 – semaforizirano četverokrako raskrižje u razini	75
5.2. Prijedlog rješenja 2 – kružno raskrižje s spiralnim tokom kružnog kolnika ..	78
6. SIMULACIJA I EVALUACIJA REZULTATA.....	82
6.1. Evaluacija rezultata postojećeg stanja.....	83
6.2. Evaluacija rezultata prijedloga rješenja 1 – semaforizirano četverokrako raskrižje u razini	85
6.3. Evaluacija rezultata prijedloga rješenja 2 – kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika	88
6.4. Evaluacija rezultata prognoze prihvatljivog rješenja	90
7. ZAKLJUČAK.....	95

LITERATURA	97
POPIS KRATICA	100
POPIS SLIKA	101
POPIS TABLICA.....	103
POPIS GRAFIKONA.....	104
POPIS PRILOGA.....	105

1. UVOD

Grad Zadar je peti najveći grad po broju stanovnika u Republici Hrvatskoj. Posljednjih nekoliko godina bilježi porast gospodarstva u sektorima prerađivačke i proizvodne industrije. Najveći porast gospodarstva se bilježi u sektoru turističkih djelatnosti. Razlog tome je razvedena obala, atraktivnost regionalnog područja grada i povijesna baština grada koja privlači veliki broj turističkih putnika. Međutim, daljnji rast je moguće predvidjeti s obzirom na potencijal geoprometnog položaja grada, a k tome je potrebno pridodati važnost putničke luke Gaženice s velikim potencijalom za razvijanje teretnog terminala luke Gaženice. Kvalitetna povezanost s autocestom A1 koja grad i luku povezuje s europskom TEN-T mrežom, zatim zračna luka te buduća obnovljena željeznička pruga Zadar-Knin čine velik potencijal za daljnji razvoj i rast postojećih i novih sektora gospodarskih aktivnosti. Navedene makroskopske prometne i gospodarske elemente na razini grada koji trenutno utječu na trend rasta prometa te stupnja motorizacije, bitno je uzeti u obzir prilikom razvijanja sadašnjeg i budućeg prometnog sustava grada. Elementi gradske prometne mreže kao što su čvorišta, generiraju najznačajnije probleme zbog međusobne interakcija prometnih tokova poput križanja, preplitanja, uplitanja i isplitanja. Prilikom odvijanja navedenih radnji dolazi do usporavanja, zaustavljanja, pada stupnja sigurnosti i kvalitete odvijanja prometnih tokova. Samim time otežava se nesmetano odvijanje kretanja ljudi i dobara te se smanjuje kvaliteta života u gradovima. Kako bi se takvi prometni problemi riješili bitno je svako predloženo prometno rješenje promatrati iz više aspekata, a neki od njih su sigurnost, ekonomska isplativost i održivost, efektivnost i efikasnost odvijanja prometnih tokova, ekološka prihvatljivost te društveni i urbanistički aspekti.

Svrha ovog diplomskog rada je analizirati postojeću situaciju te predložiti idejno prometno rješenje koje će zadovoljiti prometnu potražnju jednog od ključnih čvorišta u gradu Zadru, a to je križanje Ulice Ante Starčevića, Ulice Bleiburških žrtava i državne ceste D8. Sukladno navedenom rad je razložen na sljedeća poglavlja:

1. Uvod
2. Definiranje zone obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja
4. Metodologija i proračuni prometnih parametara
5. Prijedlog rješenja
6. Simulacija i evaluacija rezultata
7. Zaključak

U drugom poglavlju se definira uža i šira zona obuhvata. Širom zonom obuhvata se definira makrolokacija predmetnog raskrižja u odnosu na teritorijalno područje županije i grada. Mikrolokacijom se opisuje sadržaj okolnog područja predmetnog raskrižja odnosno objekti i elementi infrastrukture koji bitno utječu na oblik raskrižja i odvijanje prometnih tokova na samom raskrižju.

U trećem poglavlju je izrađena analiza postojećeg stanja predmetnog raskrižja. Predmet analize su geoprometni položaj, prostorno-planska dokumentacija, regulacija i organizacija prometnih tokova, odvijanje i veličina prometnih tokova, javni gradski prijevoz i sigurnost. Analizom se nastoje utvrditi nedostaci u odvijanju prometnih tokova i elemenata infrastrukture, a to je učinjeno terenskim mjerenjima, vizualnim zapažanjima, istraživanjima i prikupljanjima statističkih podataka.

U četvrtom poglavlju je opisana metodologija prema kojoj se promatraju prometni parametri, a ista se kasnije primjenjuje u izradi simulacije i evaluacija rezultata kako bi mogli odrediti kvalitetu odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju.

U petom poglavlju su predložena potencijalna prometna rješenja na temelju analize postojećeg stanja. Predložena rješenja su četverokrako semaforizirano raskrižje u razini s primjenom adaptivnog sustava upravljanja i dvotračno kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika. Predložena rješenja su izrađena u programskom alatu AutoCAD.

U šestom poglavlju se za postojeće stanje te predložena idejna rješenja izrađuju simulacijski modeli te se evaluiraju dobiveni podaci. Na temelju evaluiranih rezultata postojećeg stanja i predloženih rješenja, odabire se prihvatljivo rješenje te se prognozom prometa predviđa njegova efektivnost upravljanja prometnim tokovima nakon 5, 10, 15 i 20 godina od implementacije određenih mjera. Modeli simulacije i evaluacija rezultata je izrađena s pomoću računalnog programa PTV Vissim.

2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA

Zadarska županija je locirana u sjevernoj Dalmaciji i jugoistočnoj Lici, a predstavlja administrativno-teritorijalnu jedinicu sa sjedištem u gradu Zadru. Njezina ukupna kopnena površina obuhvaća 3646 km², s populacijom od 159,766 stanovnika prema popisu iz 2021. godine, što rezultira gustoćom naseljenosti od 43,8 stanovnika po kvadratnom kilometru. Županija se sastoji od 28 općina, uključujući Bibinje, Galovac, Gračac, Jasenice, Kali, Kolan, Kukljicu, Lišane Ostrovičke, Novigrad, Pakoštane, Pašman, Polaču, Poličnik, Posedarje, Povljana, Preko, Privlaku, Ražanac, Sali, Stankovce, Starigrad, Sukošan, Sveti Filip i Jakov, Škabrnju, Tkon, Vir, Vrši i Zemunik Donji. Uz navedene općine, županiju čine i šest naselja s gradskim statusom, među kojima su Benkovac, Biograd na Moru, Nin, Obrovac, Pag i Zadar. Upravno – teritorijalni ustroj je prikazan na slici 1 [1].



Slika 1. Upravno-teritorijalni ustroj Zadarske županije

Izvor: [2]

Županija obuhvaća 229 naselja i značajna područja poput Ravnih kotara, Bukovice, dio Dalmatinske zagore, jugoistočne Like te otočki arhipelag s preko 300 otoka, otočića i hridi, među kojima se ističu naseljeni otoci Pag, Vir, Dugi otok, Iž, Ugljan, Pašman, Vrgada, Molat i Silba. Ova raznolikost geografskih i naseljenih područja doprinosi kulturnom, turističkom i ekonomskom značaju Zadarske županije [1].

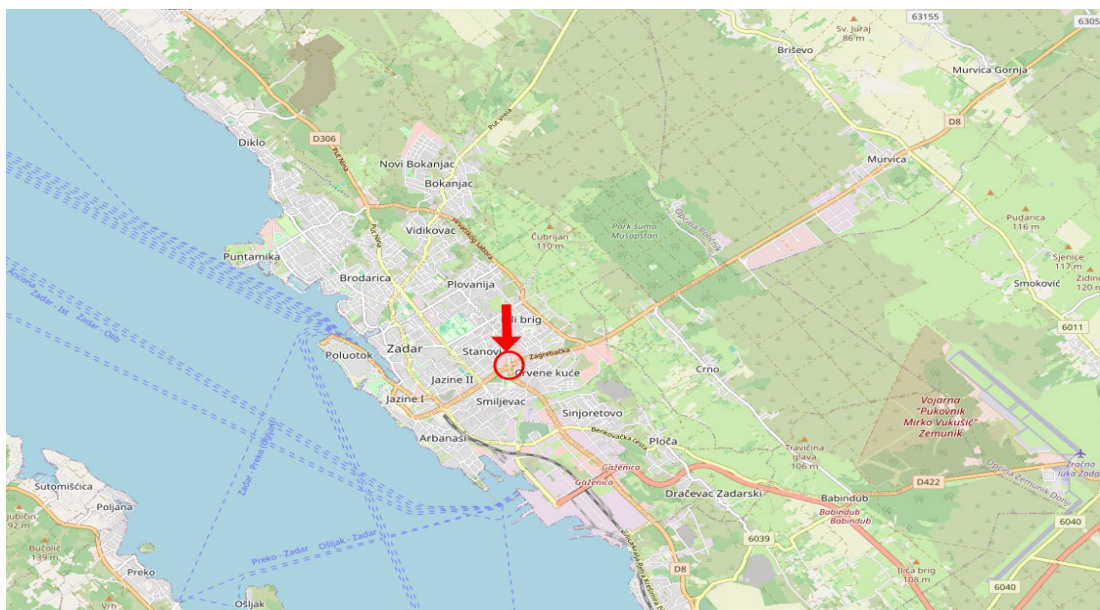
Prema ključnim ekonomskim pokazateljima, posebno je primjetan značajan doprinos Zadarske županije ukupnom hrvatskom gospodarstvu u sektoru turizma, pomorskog prometa te ribarstva i marikulture. Najveći potencijal gospodarstva

Zadarske županije je u turizmu te djelatnostima koje ga nadopunjuju. U sektoru industrijske proizvodnje ističe se prerađivačka industrija, odnosno proizvodnja aluminijskih folija za prehrambenu i farmaceutsku industriju, proizvodnja aluminijskih odljevaka i specijalnih dijelova za automobilsku industriju te prehrambena proizvodnja koja je bazirana na sirovinskoj osnovi iz mora i Ravnih kotara [3].

U prometno-geografskom smislu, Zadarska županija zauzima ključnu poziciju kao prometni cestovni, zračni te pomorski čvor u povezivanju različitih dijelova unutar Republike Hrvatske te Republike Hrvatske s međunarodnom prometnom mrežom. Prema modu prometovanja, bitniji elementi prometne infrastrukture Zadarske županije su autocesta A1, Zračna luka Zadar te pomorska luka Gaženica.

Grad Zadar je administrativno, gospodarsko, kulturno i političko središte županije. Prema popisu stanovništva iz 2021. godine u Zadru živi 67 309 stanovnika te je prema tom podatku peti najveći grad u Republici Hrvatskoj. Grad je prometno povezan kopneni vezama od kojih je bitno nabrojati autocestu A1, državnu cestu i D8 te željeznička pruga Zadar – Knin. Trajektnim i brodskim vezama iz gradske putničke i teretno-putničke luke Gaženice, Zadar je povezan sa Zadarskim otocima, Pagom, Lošinjem te s gradom Pulom te talijanskom lukom Anconom. Osim kopnenih i pomorskih veza, grad je povezan zračnim linijama s pomoću Zračne luke Zadar [2].

S obzirom na cilj ovog rada zona obuhvata je podijeljena na užu i širu zonu. Širu zonu obuhvata čini gravitacijsko područje grada Zadra uz dionicu državne ceste D8. Primarna funkcija državne ceste D8 je povezivanje sjevernog i južnog Jadrana, a pritom prolazi kroz 6 hrvatskih županija: Primorsko-goransku, Ličko-senjsku, Zadarsku, Šibensko-kninsku, Splitsko-dalmatinsku i Dubrovačko-neretvansku. Makrolokacija raskrižja je prikazana na slici 2.



Slika 2. Makrolokacija raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8

Izvor: [4]

Međutim, s obzirom na aspekt šire zone obuhvata predmetnog područja bitno je istaknuti kako D8 povezuje nekoliko poslovnih i industrijskih zona te gravitacijsko područje grada s gradom Zadrom. Važnost predmetnog raskrižja se očituje kroz dnevne migracije izvan turističke sezone prilikom dolazaka i odlazaka s posla unutar grada i njegovog gravitacijskog područja te migracije u turističkoj sezoni s obzirom na izvor i cilj putovanja. Osim državne ceste D8, Ulice Ante Starčevića i Ulice Bleiburških žrtava, užu zonu raskrižja čini i područje koje se nalazi neposredno uz raskrižje. Mikrolokacija raskrižja je prikazana na slici 3.



Slika 3. Mikrolokacija raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8

Izvor: [5]

Raskrižje Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8 je četverokrako raskrižje. Ulica Ante Starčevića predstavlja zapadni privoz, Ulica Bleiburških žrtava sjeverni, a državna cesta D8 čini 2 kraka raskrižja odnosno istočni i južni privoz. Promatrano na mikroskopskoj razini uz samo raskrižje smješten je trgovački centar City Park Zadar, zatim trgovine Interspar, Konzum, Plodine, Eurospin i K Centar Iadera te nekoliko ugostiteljskih objekata od kojih je bitno navesti KFC objekt brze hrane. Osim navedenih objekata u blizini raskrižja je smještena stanica za tehnički pregled i OŠ Smiljevac. Također je bitno istaknuti raskrižje s kružnim tokom prometa na privozu Ulice Bleiburških žrtava u neposrednoj blizini predmetnog raskrižja te kombinirano raskrižje na istočnom privozu državne ceste D8. Na slici 4 su istaknuti pojedini privozi, obližnji objekti i elementi infrastrukture u neposrednoj blizini koji utječu na volumen, uvjete i kvalitetu odvijanja prometnog toka na predmetnom raskrižju.



Slika 4. Mikrolokacija raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8

Izvor: [autor]

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Kako bi se predložilo optimalno prometno rješenje provedena je detaljna analiza postojećeg stanja elemenata koji bitno utječu na predmetno raskrižje. Prema tome analiza postojećeg stanja je temeljena na:

- analizi geoprometnog položaja,
- analizi prostorno-planske dokumentacije,
- analizi postojeće prometne infrastrukture,
 - motoriziranog prometa,
 - ne motoriziranog prometa
- analizi postojeće regulacije i organizacije prometnih tokova,
- analizi postojećih prometnih tokova:
 - cestovni promet,
 - pješački i biciklistički promet,
- analizi javnog gradskog i prigradskog prijevoza,
- analizi sigurnosti [6].

3.1. Analiza geoprometnog položaja

Smještaj raskrižja D8, Ulice Ante Starčevića i Ulice Bleiburških žrtava na makroskopskoj razini promatranja je prikazan na slici 5. Uz položaj raskrižja, na navedenoj slici su istaknuti važni elementi prometne infrastrukture koji posredno ili neposredno utječu na opterećenje predmetnog raskrižja. Među istaknutim elementima su: zračna luka Zadar teretno-putnička luka Gaženica, gradska trajektna luka, autocesta A1, državne ceste (D8, D306, D424) te željeznička pruga M606.



Slika 5. Geoprometni položaj raskrižja u odnosu na bitne elemente prometne infrastrukture

Izvor: [autor]

Osim prometnog sustava i njegovih elemenata na uvjete svakodnevnih migracija odnosno urbanih kretanja u velikoj mjeri utječu namjene površina i njihove prostorne interakcije. Prema tome su na slici 6 su označena područja gospodarskih zona unutar grada Zadra i njegovog gravitacijskog područja koje posredno ili neposredno utječu na veličinu i uvjete odvijanja prometa na promatranom području predmetnog raskrižja.



Slika 6. Poslovne i industrijske zone grada Zadra i njegovog gravitacijskog područja

Izvor: [autor]

3.2. Analiza prostorno-planske dokumentacije

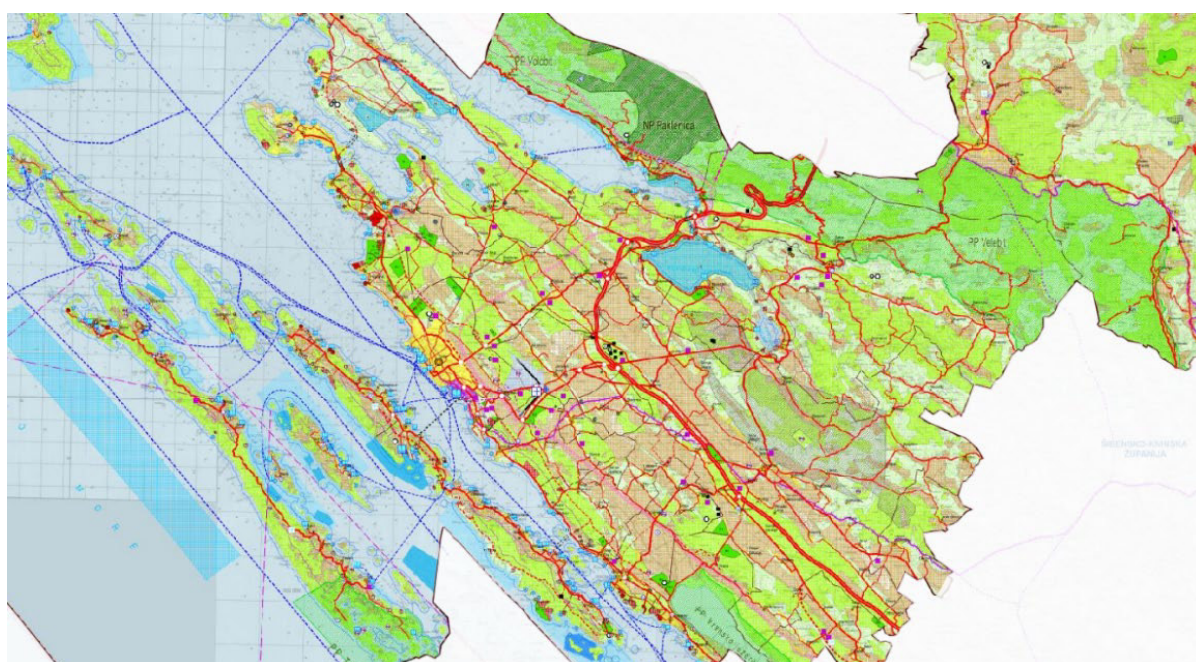
Prilikom izrade idejnog prometnog rješenja, osim na sadašnje stanje i potrebu za zadovoljavanjem prometne potražnje, također je potrebno obratiti pozornost na buduću potražnju te na buduću prostornu organizaciju. Iz tog razloga je prostorno-planska dokumentacija osnovni instrument kojim provodimo jasan i transparentan razvoj promatranog područja. U osnovi, prostorno-planska dokumentacija sastoji se od propisa koji reguliraju način iskorištavanja prostora unutar određenog područja. Primarna svrha prostornog planiranja jest stvoriti preduvjete za ekonomski i društveni razvoj toga područja kroz postavljanje preciznih smjernica za uređenje, korištenje i zaštitu prostora [7].

Na nacionalnoj razini se usvajaju dokumenti prostornog uređenja dok se na regionalnoj i lokalnoj razini donose prostorni planovi. Prema tome ih se može podijeliti na:

- ❖ Dokumenti prostornog uređenja državne razine:
 - Strategija prostornog razvoja,
 - Program prostornog uređenja Republike Hrvatske,

- prostorni planovi područja posebnih obilježja.
- ❖ Dokumenti prostornog uređenja regionalne razine:
 - prostorni plan županije,
 - prostorni plan područja posebnih obilježja.
- ❖ Dokumenti prostornog uređenja lokalne razine:
 - Prostorni plan uređenja grada ili općine (PPU),
 - Urbanistički plan uređenja (UPU),
 - Detaljni plan uređenja (DPU) [6].

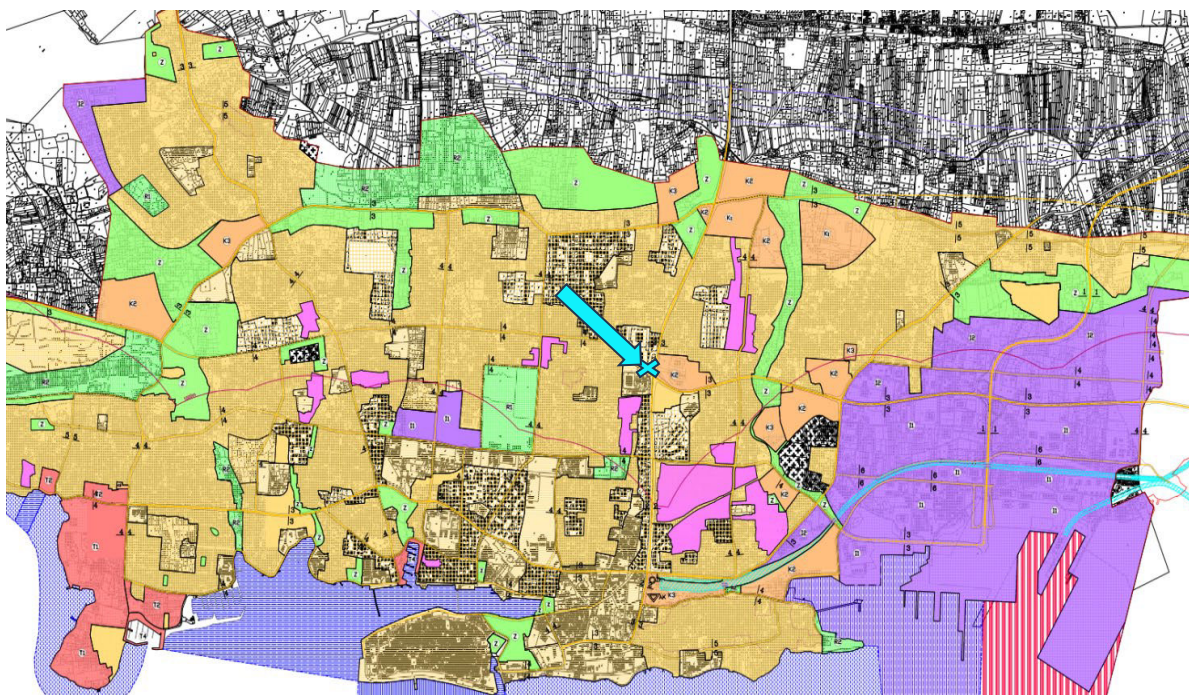
Međusobna usklađenost prostornih planova funkcionira na način kojim prostorni plan niže razine mora biti usklađen s planom više razine, na slici 7 je prikazan prostorni plan Zadarske županije s aktivnim slojevima svrhe namjene i korištenja zemljišta te prometne infrastrukture.



Slika 7. Prostorni plan Zadarske županije

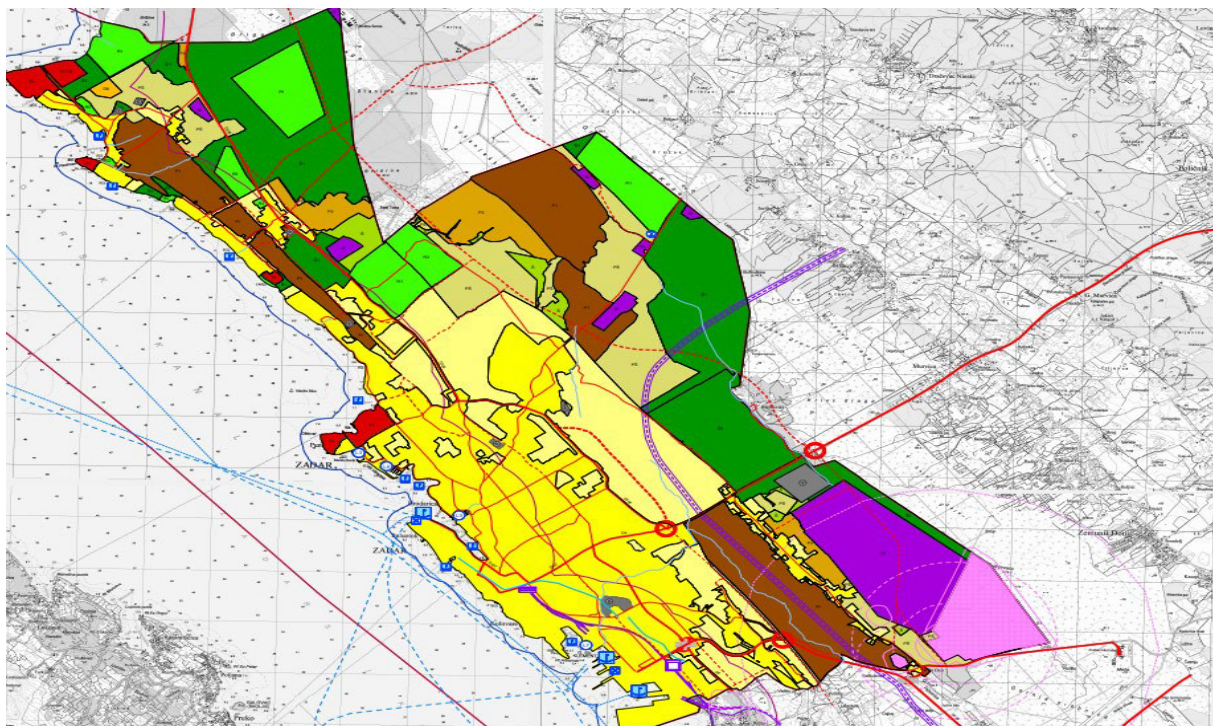
Izvor: [8]

Prostorni plan uređenja grada odnosno općine donosi se isključivo za njihovo područje, a izradu, izmjenu i dopune prostornih planova regionalne i lokalne razine može inicirati svatko. Na slici 8 je prikazan prostorni plan grada Zadra s uključenim slojem svrhe namjene i korištenja zemljišta i istaknutom lokacijom predmetnog raskrižja [9].



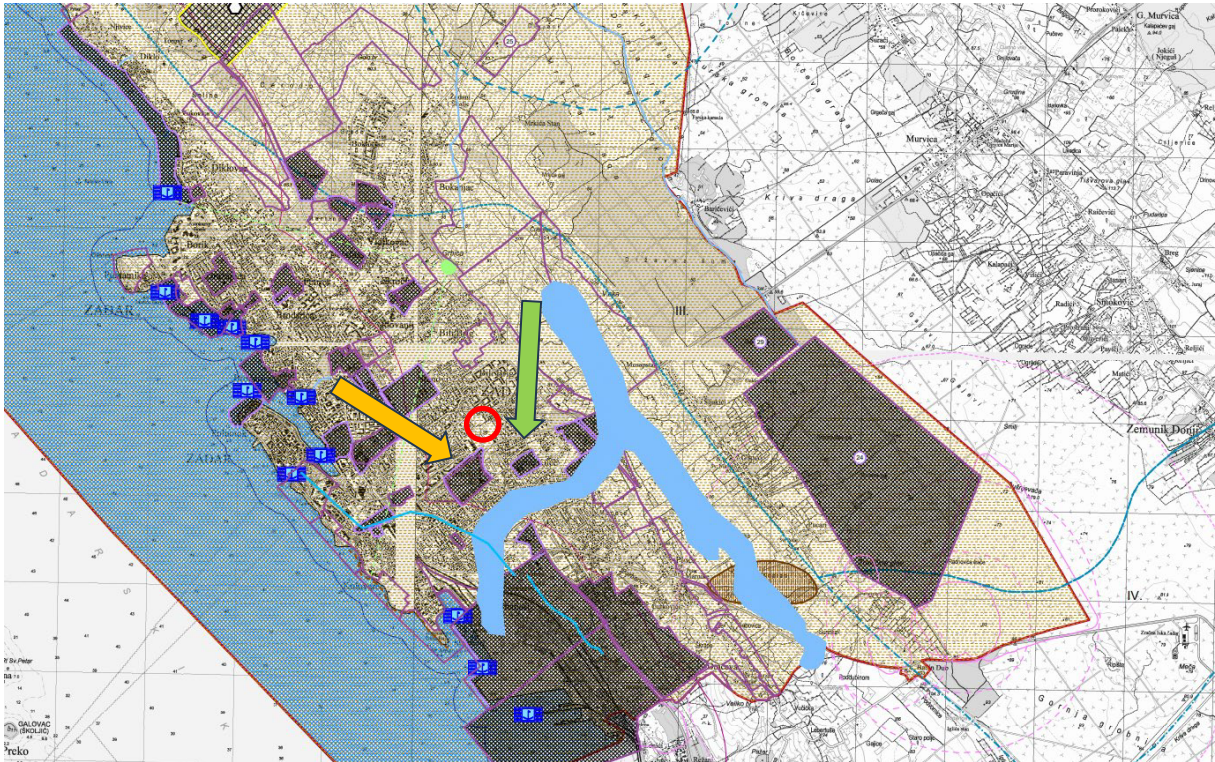
Slika 8. Prostorni plan grada Zadra – svrha namjene i korištenja zemljišta
Izvor: [11]

S pomoću prostornog plana uređenja općine ili grada, među ostalim elementima određuju se i koridori infrastrukture značajne za grad ili općinu te njihove funkcije promatrajući ih kao elemente cjelokupne prometne mreže gradskih prometnica. Na slici 9 je prikazana prostorno planska dokumentacija prometne infrastrukture grada Zadra.



Slika 9. Prostorni plan grada Zadra – prometna infrastrukturna mreža
Izvor: [8]

Osim strateških prostornih planova za organizaciju prostora u gradu Zadru, također je bitno navesti provedbene planove odnosno urbanističke i detaljne planove uređenja. Na slici 10. su istaknuta područja provedbenih planova koji graniče ili su u neposrednoj blizini uže zone obuhvata predmetnog raskrižja koje je bitno uzeti u obzir prilikom izrade prometnog idejnog rješenja.



Slika 10. Prostorni plan grada Zadra – uvjeti za korištenje, uređenje i zaštitu

Izvor: [8]

Urbanistički planovi uređenja obavezni su za sva glavna naselja, neizgrađene površine izvan naselja namijenjene za gospodarske svrhe, neizgrađene dijelove građevinskih područja unutar zaštićenog obalnog pojasa, područja izvan naselja namijenjena ugostiteljsko-turističkim potrebama, područja izvan naselja određena za posebne sportsko-rekreacijske svrhe i dijelove naselja koji su evidentirani kao povijesna urbanistička cjelina [7].

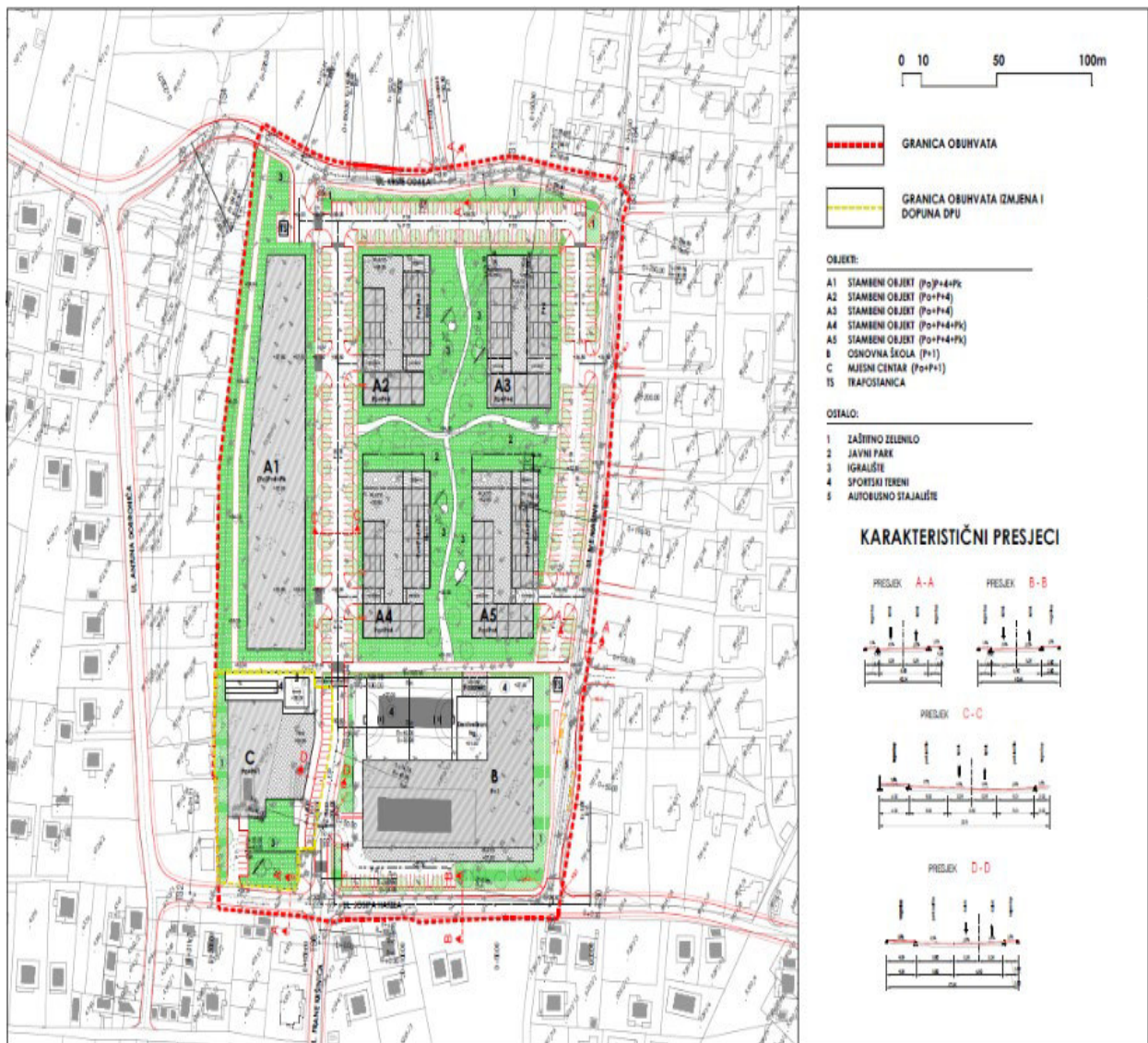
Detaljni plan uređenja, usklađen s prostornim planom velikog grada, grada ili općine, odnosno urbanističkim planom uređenja, detaljno definira uvjete za gradnju i uređenje specifičnih prostornih intervencija. Posebno se razrađuju aspekti poput namjene, položaja, veličine, općih smjernica oblikovanja te načina priključivanja na komunalnu infrastrukturu. Osim toga, detaljni plan određuje konkretne mjere za zaštitu okoliša te prirodne, kulturno-povijesne, krajobrazne i druge vrijednosti propisane zakonima [10].



**Slika 11. Detaljni urbanistički plan stambene zone Smiljevac – prometna
infrastrukturna mreža**

Izvor: [11]

Na slici 11 je prikazan PUP stambene zone Smiljevac koja se nalazi uz predmetno raskrižje, a na slici 12 je prikazana stambena zona veće gustoće Crvene Kuće koja se nalazi u neposrednoj blizini u široj zoni obuhvata predmetnog raskrižja.



Slika 12. Detaljni urbanistički plan stambene zone veće gustoće Crvene Kuće – prometna infrastrukturna mreža

Izvor: [11]

Na slici 13 je prikazan katastarski plan preklapljen sa skicom situacije sadašnjeg stanja predmetnog raskrižja. U lijevom uglu slike su istaknuti vlasnici, odnosno posjednici na katastarskoj čestici na kojoj je potrebno obaviti zahvat te katastarske čestice koje se nalaze neposredno uz područje zahvata, a potencijalno mogu biti izložene zahvatu. S pomoću slike se može zaključiti da predmetnim raskrižjem upravljaju Hrvatske ceste d.o.o. Također je bitno istaknuti da je prilikom izrade skice korištena digitalna ortofoto karta "DOF 2011" koja je kasnije obradom u programskom alatu Q-gis pozicionirana na točne koordinate kako bi bilo moguće preklapati s katastarskim planom i tako pružiti vjerodostojan uvid u raspoloživost okolnog područja za zahvat.



Slika 13. Preklop DOF-a 2011, skice i katastarskog plana

Izvor: [autor]

Također je potrebno navesti postojeću projektnu dokumentaciju iz područja prometa među kojima su izrađene studije “Prometni masterplan funkcionalne regije Sjeverna Dalmacija” i “Nacrt Plana održive urbane mobilnosti grada Zadra” te projekt koji je u izradi pod nazivom “Projekt prometnog sustava grada Zadra: ITS (inteligentni transportni sustav) s revizijom i dopunom prometne studije grada Zadra”. Navedeni planovi se odnose na cjelokupnu prometnu mrežu grada Zadra i njegovog gravitacijskog područja.

Studija “Prometni masterplan funkcionalne regije Sjeverna Dalmacija” je strateški dokument koji predstavlja temelj za sve buduće projekte prometnog razvoja Zadarske županije. Izrađen je kako bi služio kao temeljna referenca i smjernica za ostale sektore tijekom planiranja. Njegova provedba trebala bi rezultirati poboljšanjem regionalne i lokalne pristupačnosti, uz poticanje ravnomjernog povećanja razvoja svih dijelova županije. Osim što je naglasak stavljen na poboljšanje pristupa funkcionalnim središtima regije, implementacija ove studije također ima zadatak značajnog povećanja mobilnosti stanovnika, posjetitelja te sudionika gospodarskih aktivnosti. Ovakav pristup, prema očekivanjima, trebao bi ubrzati i unaprijediti društveno-ekonomski razvoj cijele županije, uz istodobno postizanje kohezijskog ekvilibrija [2].

Studija “Nacrt Plana održive urbane mobilnosti grada Zadra” predstavlja suvremeni pristup prometno-prostornom planiranju koji stavlja naglasak na čovjeka, umjesto na osobni automobil. Planom su definirane smjernice i mjere za razvoj

prometnog sustava s fokusom na povećanje mobilnosti svih korisnika prometnog sustava, pri čemu se teži smanjenju potrebe za povećanjem kapaciteta cestovnih prometnica. Plan održive urbane mobilnosti integrira se s postojećim planovima i djeluje kao osnova za strategiju održivog razvoja prometnog sustava. Pruža učinkovit i integriran pregled prometnih izazova, potreba i konceptualnih rješenja, što omogućuje izradu detaljnije dokumentacije potrebne za provedbu predloženih mjera [12].

Projekt prometnog sustava grada Zadra: ITS (inteligentni transportni sustav) s revizijom i dopunom prometne studije grada Zadra obuhvaća izgradnju i implementaciju inteligentnog prometnog sustava (ITS) te rekonstrukciju prometnica u Gradu Zadru. Planiranje i projektiranje prometnog sustava grada Zadra provodilo bi se kroz faze koje uključuju modernizaciju semaforne opreme na odabranim križanjima, građevinsku rekonstrukciju istih, proširenje kableske infrastrukture, uspostavu sustava za koordinaciju prometa, uvođenje tehnologija detekcije vozila, implementaciju video nadzora na ključnim raskrižjima te uspostavljanje centra za nadzor i upravljanje prometom [13].

3.3. Analiza postojeće prometne infrastrukture

Analizom prometne infrastrukture će se pružiti vizualni uvid u sadašnje stanje prometnice, odnosno predmetnog raskrižja. Pri tom je potrebno obratiti pozornost na vrste i kategorije ceste, cestovne objekte, postojeću prometnu signalizaciju te parkirališne površine u neposrednoj blizini raskrižja. Također će biti dan uvid u sadašnje stanje elemenata prometnice. Prema tome analiza prometne infrastrukture je podijeljena na [6]:

- infrastrukturu motoriziranog prometa,
- infrastrukturu nemotoriziranog prometa.

Na slici 14 je prikazano postojeće stanje predmetnog raskrižja, odnosno postojeća infrastruktura te horizontalna i vertikalna signalizacija. Prikazana situacija je izrađena s pomoću programa AutoCAD.



Slika 14. Postojeće stanje raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8

Izvor: [autor]

3.3.1. Analiza prometne infrastrukture motoriziranog prometa

Prema Zakonu o cestama razlikujemo javne i nerazvrstane ceste. Javne ceste su javno dobro u općoj uporabi u vlasništvu Republike Hrvatske. Javne ceste se razvrstavaju ovisno o njihovom prometnom, društvenom i gospodarskom značaju u četiri skupine a to su:

- autoceste,
- državne ceste,
- županijske ceste,
- lokalne ceste.

Nerazvrstane ceste su ceste koje služe za promet vozilima, a pritom ih može svatko slobodno koristiti ali na način i pod uvjetima određenim Zakonom o cestama i drugim propisima [13].

Predmetno raskrižje se sastoji od dvije državne ceste i jedne nerazvrstane, pri čemu je Ulica Bleiburških žrtava nerazvrstana cesta, a dok Ulica Ante Starčevića oznake D407 i Zagrebačka ulica oznake D8 predstavljaju državne ceste.

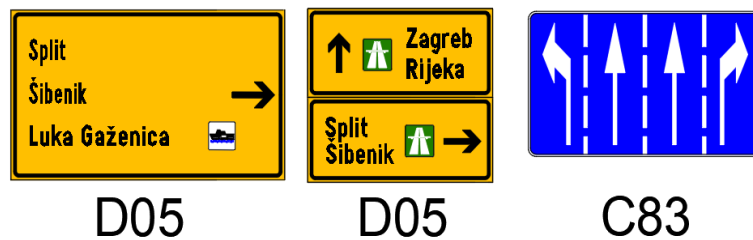
Osnovna značajka svih privoza je struktura osnovnih poprečnih elemenata za odvijanje motoriziranog prometa. Svaki privoz se sastoji od dvije kolničke trake s odvojenim suprotnim smjerovima kretanja s pomoću razdjelnog pojasa, a svaka kolnička traka se sastoji od dvije prometne trake širine 3,25 m. Osim toga, na svakom privozu se otvaraju dodatne dvije prometne trake obostranim proširenjem kolničkog traka. Pri tome se trak za lijevo skretanje izvodi sa zonom prijelaza i sa zatvorenim uvođenjem dok se trak za desno skretanje izvodi s pomoću duljeg dodatnog traka te klinastim izvozom [15].

Na slici 15 je prikazana postojeća situacije vertikalne i horizontalne signalizacije Ulice Ante Starčevića te pogled iz smjera prilaska samom raskrižju.



Slika 15. Privoz Ulice Ante Starčevića
Izvor: [autor]

Sa slike se može zaključiti kako znak za preostrojanje vozila i znakovi obavijesti za vođenje prometa nisu na dovoljnim razmacima, pri tom su zaklonjeni raslinjem koje se nalazi na zelenom pojasu. Prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti, na raskrižjima državnih i županijskih cesta potrebno je postaviti drugi i četvrti stupanj obavijesti za vođenje prometa. Budući da je ovo raskrižje dvije državne ceste, a Ulica Ante Starčevića predstavlja cestu s tri i više prometnih traka, potrebno je postaviti i treći stupanj obavijesti. Prema terenskom uviđaju nije evidentiran znak drugog stupnja obavijesti za vođenje prometa (D03) u užoj i široj zoni obuhvata raskrižja. Također se na slici može primijetiti da su uzastopno postavljena tri prometna znaka obavijesti za vođenje prometa trećeg stupnja (D05 na slici 16) od kojih je jedan znak za preostrojanje vozila (C83 na slici 16) [14].



Slika 16. Znakovi obavijesti za vođenje prometa trećeg stupnja

Izvor: [autor]

Postavljanjem velikog broja znakova može doći do zbunjivanja vozača. Iz tog razloga je potrebno postavljati znakove kako bi oni bili vidljivi, jasni i jednoliki [16].

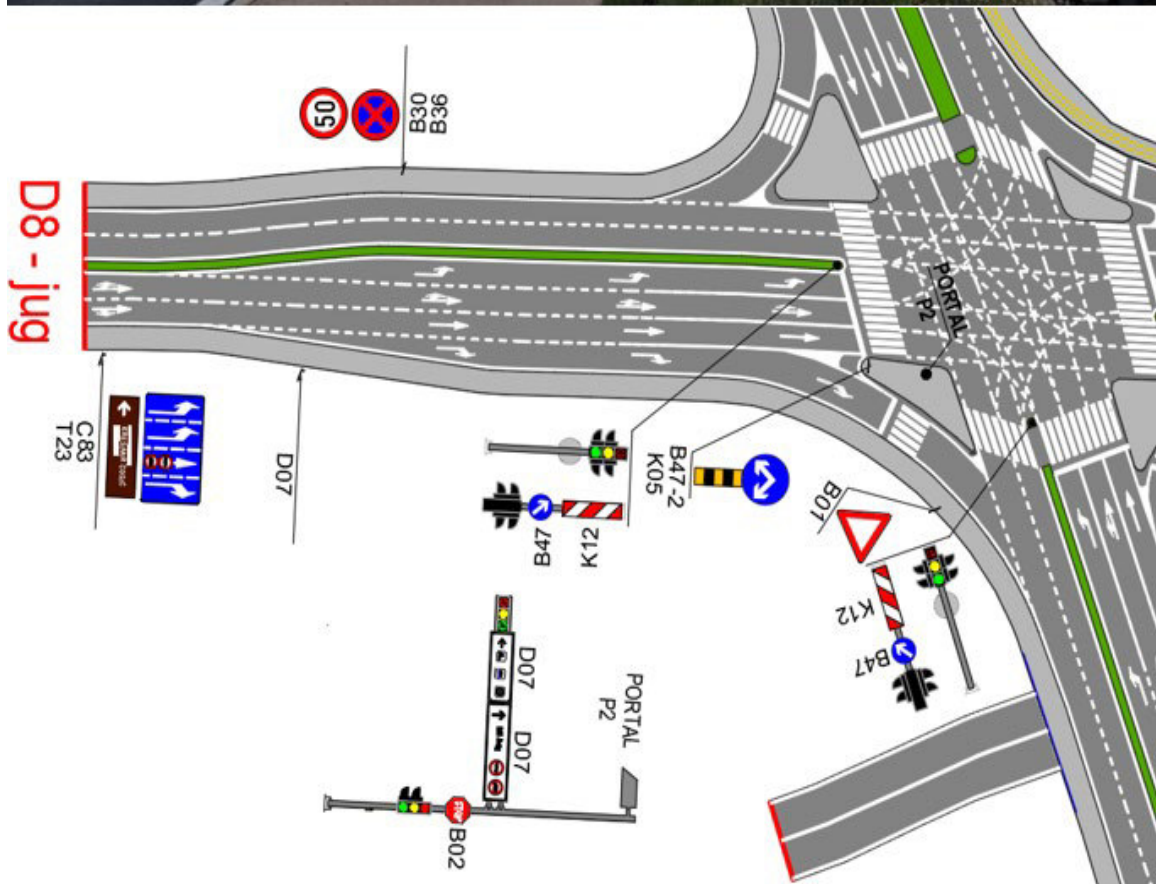
Na slici 17 je predočena situacija u vremenima vršnih opterećenja na datum 11.04.2024. godine. Na slici je vidljivo da se stvaraju repovi čekanja na prometnom traku prije samog otvaranja dodatnih trakova. Iz tog razloga se u određenim ciklusima nedovoljno koristi dodatni trak za desne skretače. Također, navedeni nedostatci su izraženiji u vrijeme ljetne turističke sezone. Izmjerena duljina repa čekanja iznosi 218 m.



Slika 17. Rep čekanja na privozu Ulice Ante Starčevića

Izvor: [autor]

Slika 18 prikazuje postojeću situaciju vertikalne i horizontalne signalizacije južnog privoza državne ceste D8 te pogled iz smjera prilaska samom raskrižju.



Slika 18. Privoz ceste D8 – jug
Izvor: [autor]

Na privozu su utvrđeni nedostaci vertikalne i horizontalne signalizacije, odnosno znakova obavijesti za vođenje prometa, prestrojavanje vozila te turističke signalizacije. U široj zoni obuhvata nije evidentiran znak drugog stupnja obavijesti za vođenje prometa (D03). U trećem stupnju obavješćivanja može doći do zbunjivanja vozača jer se strjelica na znaku za prestrojavanje vozila (C83) ne podudara s horizontalnom oznakom odnosno sa strjelicom na kolniku (H28). Navedeni nedostatak može prouzročiti poremećaje u prometnom toku izazvane prekasnom reakcijom za prestrojavanje, a isto tako i do nastanka prometne nesreće. Na znaku četvrtog stupnja obavijesti za vođenje prometa (D07) na slici 19, krivom je bojom označeno polje koje upućuje na smjer kretanja prema dijelu grada odnosno prema četvrti unutar grada. Također je krivo usmjerenje na turističkoj signalizaciji (T23).



Slika 19. Znak četvrtog stupnja obavijesti za vođenje prometa

Izvor: [autor]

Polja na znakovima obavijesti za vođenje prometa koja upućuju na odredišta unutar grada (centar, dio grada i značajni objekte) se označavaju bijelom bojom. Kod označavanja smjera ceste za naseljeno mjesto u četvrtom stupnju obavješćivanja (osim u bijelom polju) potrebno je ispisati na znaku udaljenosti do odredišta u kilometrima [14].

Među nedostatke južnog privoza D8 također može se ubrojiti i zabilježenu nisku razinu usluge raskrižja koja se očituje kroz stvaranje repova čekanja. Isto kao u slučaju kod privoza Ulice Ante Starčevića, rep čekanja se stvara na samom otvaranju dodatnih trakova za vrijeme vršnih opterećenja, a osobito za vrijeme ljetne turističke sezone te dolazi do nedovoljne iskoristivosti dodatnog traka za desno skretanje. Izmjerena duljina repa čekanja iznosi 155 m, a slika 20 prikazuje rep čekanja na datum 11.04.2024. godine na južnom privozu D8 .



Slika 20. Rep čekanja na privozu D8 – jug

Izvor: [autor]

Na privozu D8 – istok su također zamijećeni nedostaci u postavljanju vertikalne i horizontalne signalizacije. U užem i širem području obuhvata je utvrđen izostanak znaka drugog stupnja obavijesti za vođenje prometa (D03). Na privozu D8 – istok je identičan nedostatak kao na privozu D8 – jug uspoređujući usklađenosti strjelice na znaku trećeg stupnja obavijesti za vođenje prometa (C83) i horizontalne oznake na kolniku odnosno strjelice (H28).

Također je bitno navesti nepravilno pozicioniranje i nepravilnu izvedbu znaka četvrtog stupnja obavijesti za vođenje prometa (D07). Znak četvrtog stupnja obavješćivanja se treba postavljati na samom raskrižju, a polje na znaku za vođenje prometa prema odredištima unutar grada treba biti bijele boje. Žutom bojom se označavaju ostala odredišta s ispisanim udaljenostima u kilometrima odnosno naseljena mjesta ako se radi o državnoj cesti. Isto tako mjesta postavljanja, visina i položaj turističke signalizacije je definirana Pravilnikom o turističkoj i ostaloj signalizaciji na cestama. Prema tom pravilniku turistička signalizacija ne smije zaklanjati i odvrćati pozornost vozača od već postavljenih znakova [14], [17].

Na slici 21 je predložena postojeća situacija vertikalne i horizontalne signalizacije istočnog privoza državne ceste D8 i pogled iz smjera prilaska samom raskrižju.



Slika 21. Privoz D8 – istok
Izvor: [autor]

Znak označen s oznakom “-“ na slici 21 predstavlja već prethodno upućenu obavijest o zabrani skretanja za autobuse i teretna motorna vozila koja se nalazi na znaku za prestrojavanje (C83) te se tim narušava načelo jedolikosti, jasnoće i vidljivosti prometnih znakova kojeg se treba pridržavati prilikom postavljanja prometnih znakova kako se ne bi izazvao negativan učinak na percepciju vozača.

Prometni tok privoza D8 – istok je najdominantniji tok u raskrižju. Na slici 21 je također vidljivo stvaranje repa čekanja te isto kao i na privozima Ulice Ante Starčevića i D8 – jug, rep čekanja zatvara trak za desno skretanje, čime se u nastavku onemogućuje kretanje desnih skretača te naposljetku moraju čekati zelenu fazu na semaforu iako oni imaju slobodan prolaz kroz raskrižje ako nema vozila iz smjera D8 – jug koji se kreću ravno. Slika je izrađena na datum 11.04.2024., iz tog razloga je bitno napomenuti da se prikazane poteškoće odvijanja prometnog toka povećavaju za vrijeme trajanja ljetne turističke sezone, a tim se stvaraju i dulji repovi čekanja.

Kombinirano raskrižje koje se nalazi na ovom privozu u užoj zoni raskrižja, također se smatra nedostatkom, odnosno neiskorištenost okolne površine radi njegove izvedbe. Na slici 22 je prikazan nadvožnjak kombiniranog raskrižja na privozu D8 – istok.



Slika 22. Nadvožnjak na privozu D8 – istok

Izvor: [autor]

Neiskorištenost okolne površine pri njegovoj izvedbi nije jedini nedostatak, već i njegova sama neiskorištenost. Prikazani objekt je izveden kako bi se na cestovnu infrastrukturu priključile okolne parkirne površine, a to je izvedeno kao kombinirano raskrižje s izostavljenim smjerovima na raskrižju u razini. Tim načinom je omogućeno isključivanje izvan razine za lijeve skretače s glavnog toka te uključivanje vozila s

parkirnih površina čiji je budući smjer kretanja prema raskrižju kao što je to prikazano na slici 23.

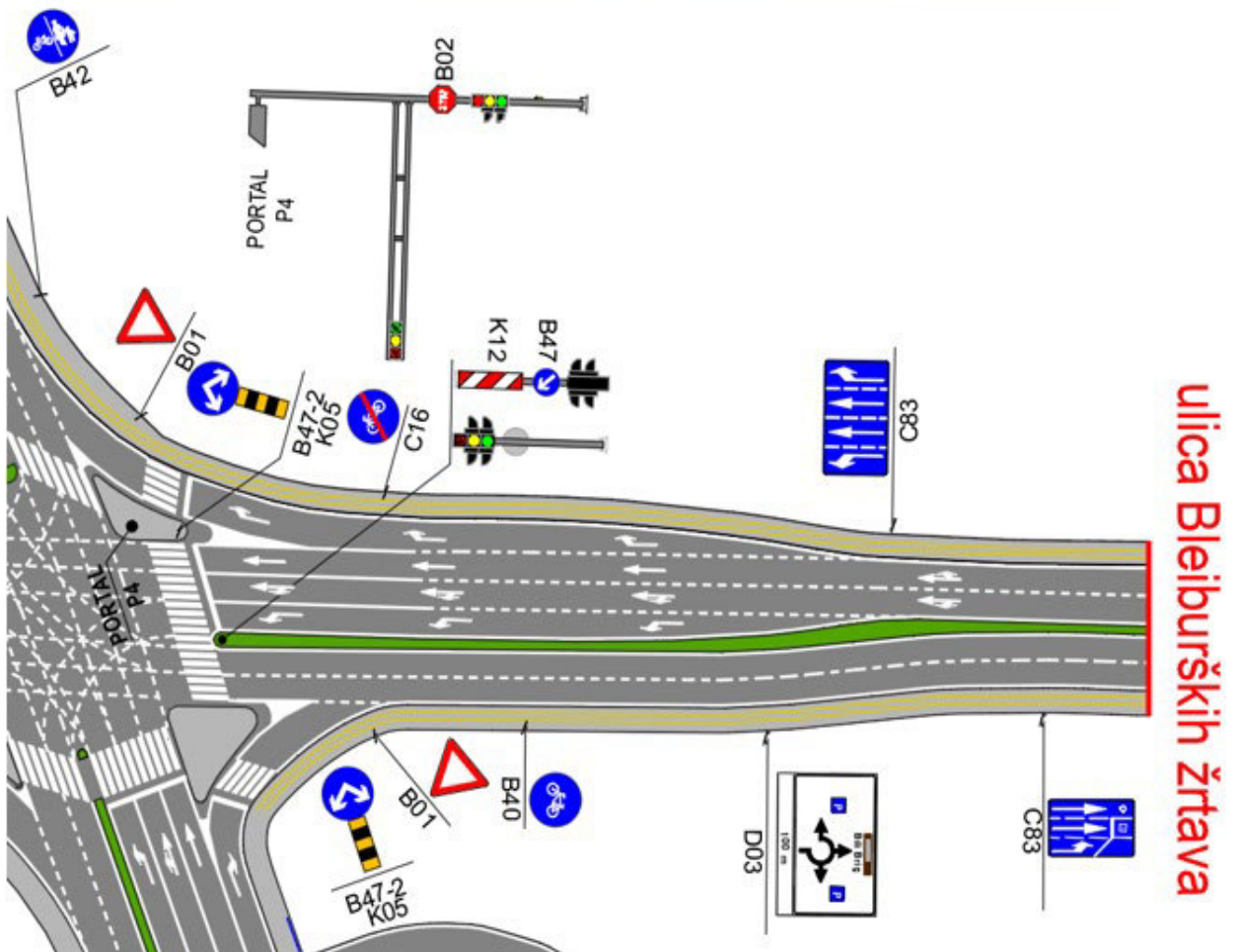


Slika 23. Kombinirano raskrižje na privozu D8 – istok

Izvor: [autor]

Na Privozu Ulice Bleiburških žrtava je utvrđen nedostatak vertikalne signalizacije. Ulica Bleiburških žrtava ima status nerazvrstane ceste, a prema tome je potrebno postaviti znakove najmanje za četvrti stupanj obavješćivanja budući da se radi o raskrižju dviju državnih cesta. Također je utvrđena neusklađenost horizontalnih oznaka na kolniku i vertikalne signalizacije, pri čemu znak za preostrojanje vozila (C83) daje drugačiju informaciju u odnosu na strjelicu (H21) označenu na kolniku,

Na slici 24 je prikazan u gornjem dijelu slike pogled iz smjera prilaska samom raskrižju, a u donjem dijelu postojeća situacije vertikalne i horizontalne signalizacije Ulice Bleiburških žrtava.



Slika 24. Privoz Ulice Bleiburških žrtava
Izvor: [autor]

3.3.2. Analiza prometne infrastrukture nemotoriziranog prometa

Dva vida nemotoriziranog prometa čine pješački i biciklistički promet. Ovaj oblik prometa bitno utječe na suvremeno planiranje i izgradnju prometne infrastrukture te odvijanje prometnih tokova, osobito u gradovima. Na slici 26 su prikazani položaji već izgrađene te potencijalne izgradnje biciklističke infrastrukture u odnosu na položaj predmetnog raskrižja koji su utvrđeni studijom "Plan održive urbane mobilnosti grada Zadra"



Slika 25. Položaji izgrađene i potencijalne izgradnje buduće biciklističke infrastrukture

Izvor: [12]

Analizom postojećeg stanja prometne infrastrukture nemotoriziranog prometa su evidentirane biciklističko-pješačke staze na privozima Ulica Ante Starčevića i Ulice Bleiburških žrtava dok su na ostala dva privoza evidentirane samo pješačke staze. Postojeće biciklističko-pješačke i pješačke staze su izvedene visinski 12 cm odvojene od kolnika i označene su odgovarajućom prometnom signalizacijom, pritom širine biciklističkih staza iznose 1,00 metar sa zaštitnim pojasom širine veće od 0,5 metara u odnosu na kolnik. Stoga, poprečni profil ispunjava kriterije jednosmjerne biciklističke staze u naselju. Međutim, nedostaci su utvrđeni u vođenju biciklističkog prometa preko privoza ceste i razdjelnih otoka gdje nema označenih prijelaza za bicikliste. Isto tako su zabilježeni nedostaci na pješačkim prijelazima privoza Ulica Bleiburških žrtava i privoza D8 – jug [18].



Slika 26. Pješački prijelaz na privozu D8 – jug

Izvor: [autor]

Na slici 20 je prikazan nedostatak pješačkog otoka na privozu D8 - jug. Pješački otoci se smatraju dodatkom pješačkim prijelazima i postavljaju se na cestama s većim volumenom prometnog toka, a posebno gdje pješaci moraju prijeći tri ili više prometnih traka u istom smjeru. Prilikom postavljanja pješačkih otoka, bitno je uzeti u obzir osobe s invaliditetom i smanjenom pokretljivošću prema pravilima propisanim u Pravilniku o osiguranju pristupačnosti građevina. Ti propisi zahtijevaju da se razina pješačkog otoka prilagodi razini kolnika kako bi se osigurala što veća mobilnost za osobe s invaliditetom i smanjenom pokretljivošću [19].



Slika 27. Pješački prijelaz na privozu Ulice Bleiburških žrtava

Izvor: [autor]

Isti takav nedostatak je utvrđen na privozu Ulice Bleiburških žrtava, a prikazan je na slici 27. Osim na osobe s invaliditetom i smanjenom pokretljivošću, ovaj nedostatak utječe na sigurnost biciklista i vozača motornih vozila. U trenutku prelaska bicikliste preko pješačkog prijelaza, biciklist se treba spustiti s bicikle, a kad se kao pješak treba zaustaviti na sredini između dva kolnika zbog svjetlosnog signala na semaforu, bicikl zadire u prometni površine za prometovanje motornih vozila, odnosno kolnika.

Također je bitno navesti da su u užoj zoni predmetnog raskrižja evidentirana dva autobusna stajališta, gdje se jedan nalazi na privozu Ulice Ante Starčevića, a drugi na privozu D8 – istok. Oba stajališta ispunjavaju osnovni uvjet udaljenosti od raskrižja koji iznosi 20,00 metara [20].

3.4. Analiza postojeće regulacije i organizacije prometnih tokova

Pod organiziranjem prometnih tokova podrazumijevamo način kretanja tokova u prometnoj mreži s ciljem minimiziranja presijecanja tokova na kritičnim točkama. To se postiže usmjerenjem prometne mreže i izbjegavanjem nepotrebnih presijecanja i lomljenja prometnih tokova. Svaki element ulične mreže se opisuje s dva parametra, a to su vrsta smjernosti (dvosmjerna ili jednosmjerna) i usmjerenosti (jednosmjerna i vožnja desnom ili lijevom stranom). Prema tome se predmetno raskrižje može okarakterizirati kao četverokrako raskrižje ulica s dvosmjernim prometom [6].

Pod regulaciju prometnih tokova podrazumijevamo način na koji se odvija u raskrižju. U predmetnom raskrižju se prometni tokovi reguliraju s pomoću prometnih svjetala, odnosno semafora. Na semaforiziranom raskrižju se prometni tokovi vremenski razdvajaju. Semaforizacijom se može povećati propusna moć i sigurnost raskrižja ali pritom mora ispunjavati osnovne geometrijske i prometne uvijete. Najvažniji pojmovi semaforiziranog raskrižja su ciklus i faze. Ciklus se sastoji od faza, a faze se sastoje od zelenog vremena i zaštitnog vremena. Prema tome, analiza postojeće regulacije prometnih tokova je izvedena raščlanjivanjem ulaznih veličina semaforizacije. Među ulazne veličine za analizu semaforizacije ubrajamo:

- tip upravljanja prometom,
- duljina ciklusa,
- trajanje zaštitnog vremena,
- trajanje zelenog svijetla za vozila i pješake,
- broj i raspored odvijanja faza [15].

Tipovi upravljanja prometnim svjetlima mogu biti:

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

Vremenski ustaljeno upravljanje podrazumijeva unaprijed određene duljine trajanje svih elemenata signalnog plana, a koristi se uglavnom na izoliranim raskrižjima. Upravljanje poluovisno o prometu se koristi na raskrižjima gdje je volumen prometa na

sporednom privozu bitno manji u odnosu na glavni pravac, pri čemu se vozilima sa sporednog privoza pravo prolaska daje nakon detekcije njihovog prisustva pomoću detektora. Upravljanje potpuno ovisno o prometu je vrsta upravljanja kod kojeg su unaprijed određena minimalna i maksimalna trajanja zelenih svjetala, a ostali elementi signalnog plana prilagođavaju se prometnoj potražnji kombiniranjem programiranog algoritma koji podatke o prometu prikuplja s pomoću detektora i pješačkih tipki [21].

Vremenski ustaljenim tipom upravljanja je reguliran promet na predmetnom raskrižju. U tablici 1 su prikazane uobičajene duljine ciklusa za određeni broj faza.

BROJ FAZA	DULJINA CIKLUSA [s]	NAPOMENA
2	(30) 40 – 70	Minimalne vrijednosti su za pješačke prijelaze
3	70 – 90 (100)	Maksimalne vrijednosti se rijetko koriste (maksimalno do 30-60 minuta u vršnom satu)
4	90 – 120	Najčešće iznad 100 s
5	≥ 110	5. faza je najčešće tzv. uvjetna; ostvaruje se skraćivanjem drugih faza

Tablica 1. Duljina ciklusa za određeni broj faza

Izvor: [15]

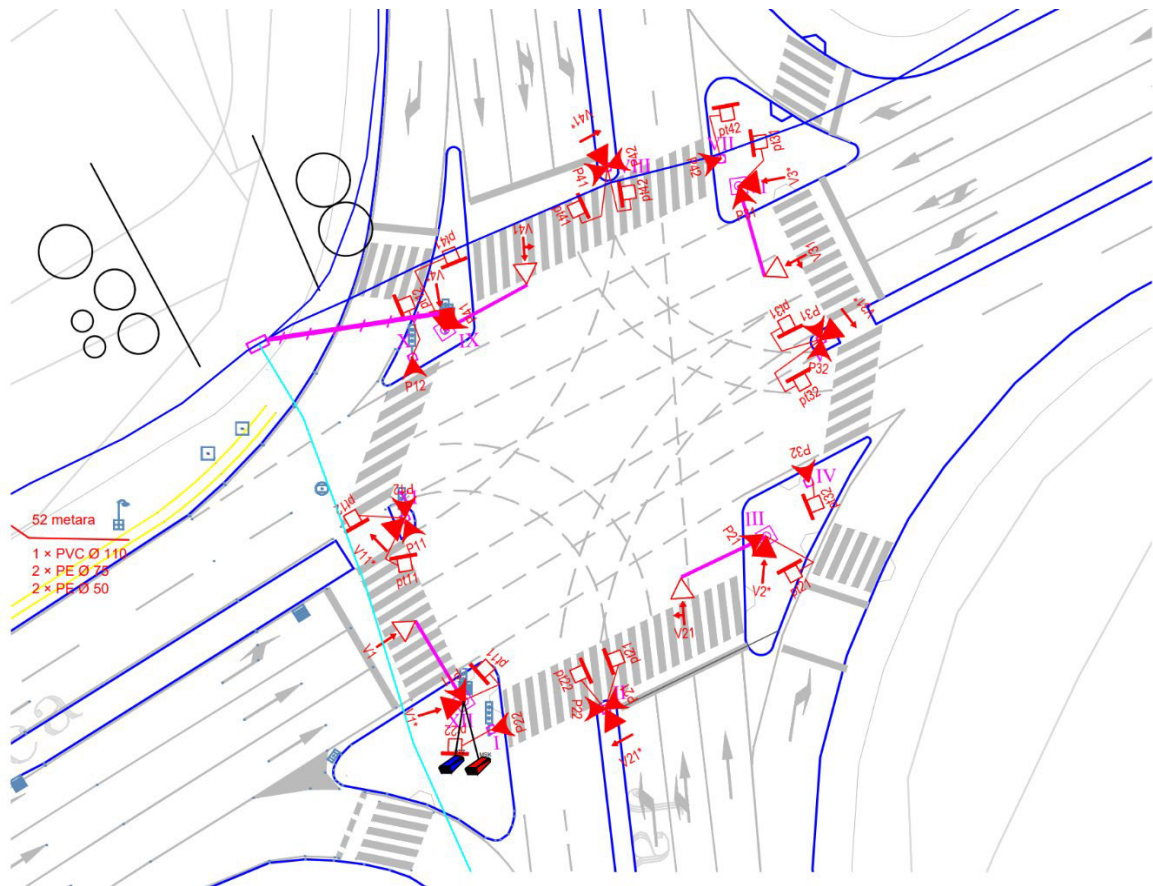
Bitne vremenske veličine koje su dio jednog ciklusa, a s aspekta sigurnosti u prometu najbitnije vremenske veličine na semaforiziranim raskrižjima su zaštitna međuvremena. Zaštitno međuvrijeme je razdoblje između završetka propuštanja jednog prometnog toka i početka vremena propuštanja drugog prometnog toka na raskrižju. Ono omogućuje sigurno napuštanje raskrižja sudionicima koji su ušli u raskrižje na kraju zelenog svjetla prethodne signalne grupe. Minimalno potrebno međuvrijeme se izračunava na temelju vremena prolaska, vremena napuštanja i vremena ulaska. Zaštitna međuvremena se izračunavaju za sve konfliktne tokove što podrazumijeva vozila, bicikliste i pješake. Kad promatramo signalni plan zaštitno međuvrijeme čine vrijeme trajanje žutog svijetla signalne skupine čija faza završava i crveno-žuto vrijeme trajanja signalne skupine čija faza nadalje počinje. Proračun svih zaštitnih međuvremena konfliktnih tokova je prikazan u matrici zaštitnih međuvremena na slici 28.

		N A L E T															
P		V1	V2	V3	V4	V11	V21	V31	V41	P11	P12	P21	P22	P31	P32	P41	P42
R	V1		6		6		6	6	6	5					6		
A	V2	6		6		6		6	6			4					7
Ž	V3		6		6	6	6		6		6			5			
N	V4	6		6		6	6	6					6			4	
J	V11		6	6	6		6	6	7	4							8
E	V21	6		6	6	6		6			6	4					
N	V31	7	6		6	6	6		6				8	4			
J	V41	6	6	6		6		6							7	4	
E	P11	10				10											
	P12			11			11										
	P21		10				10										
	P22				6			6									
	P31			10				10									
	P32	7							7								
	P41				10				10								
	P42		6			6											

Slika 28. Matrica zaštitnih među vremena raskrižja Ulica Ante Starčevića, Bleiburških žrtava i državne ceste D8

Izvor: [22]

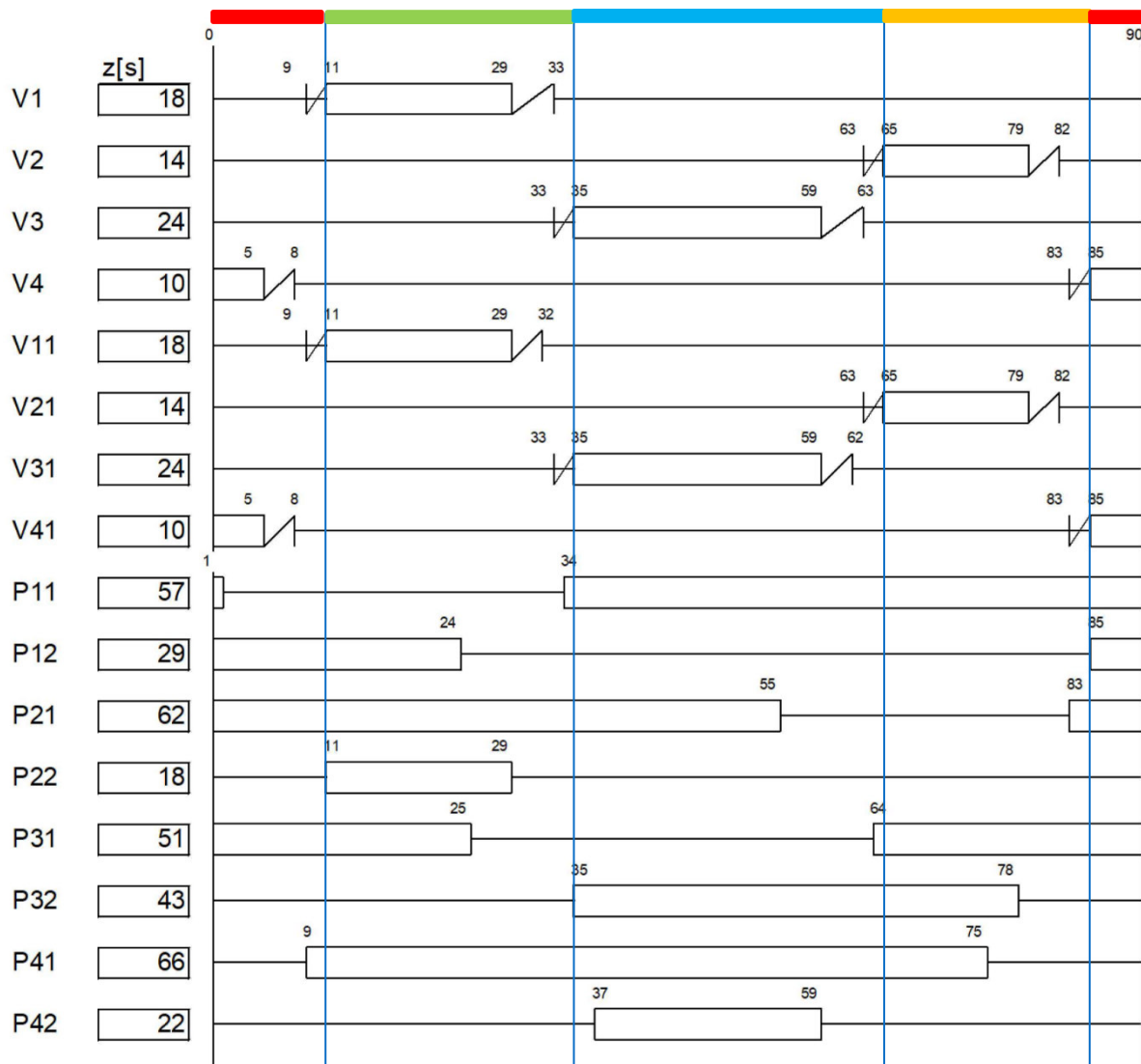
Na slici 29 je prikazan položaj svih signalnih grupa. Slovom V i pripadajućim brojevima su označene signalne grupe za upravljanje prometom vozila, a slovom P i pripadajućim znamenkama su označene signalne grupe za upravljanje prometom pješaka. Osim signalnih grupa, na slici su označeni i položaji svih semaforskih konzola i stupova na raskrižju, a označeni su s rimskim slovima.



Slika 29. Prikaz plana i položaja signalnih grupa i semaforskih stupova

Izvor: [22]

Prema signalnom planu prikazanom na slici 30 može se raščlaniti vremenske veličine i pripadajuće signalne skupine na koje se one odnose.



Slika 30. Signalni plan raskrižja Ulica Ante Starčevića, Bleiburških žrtava i državne ceste D8

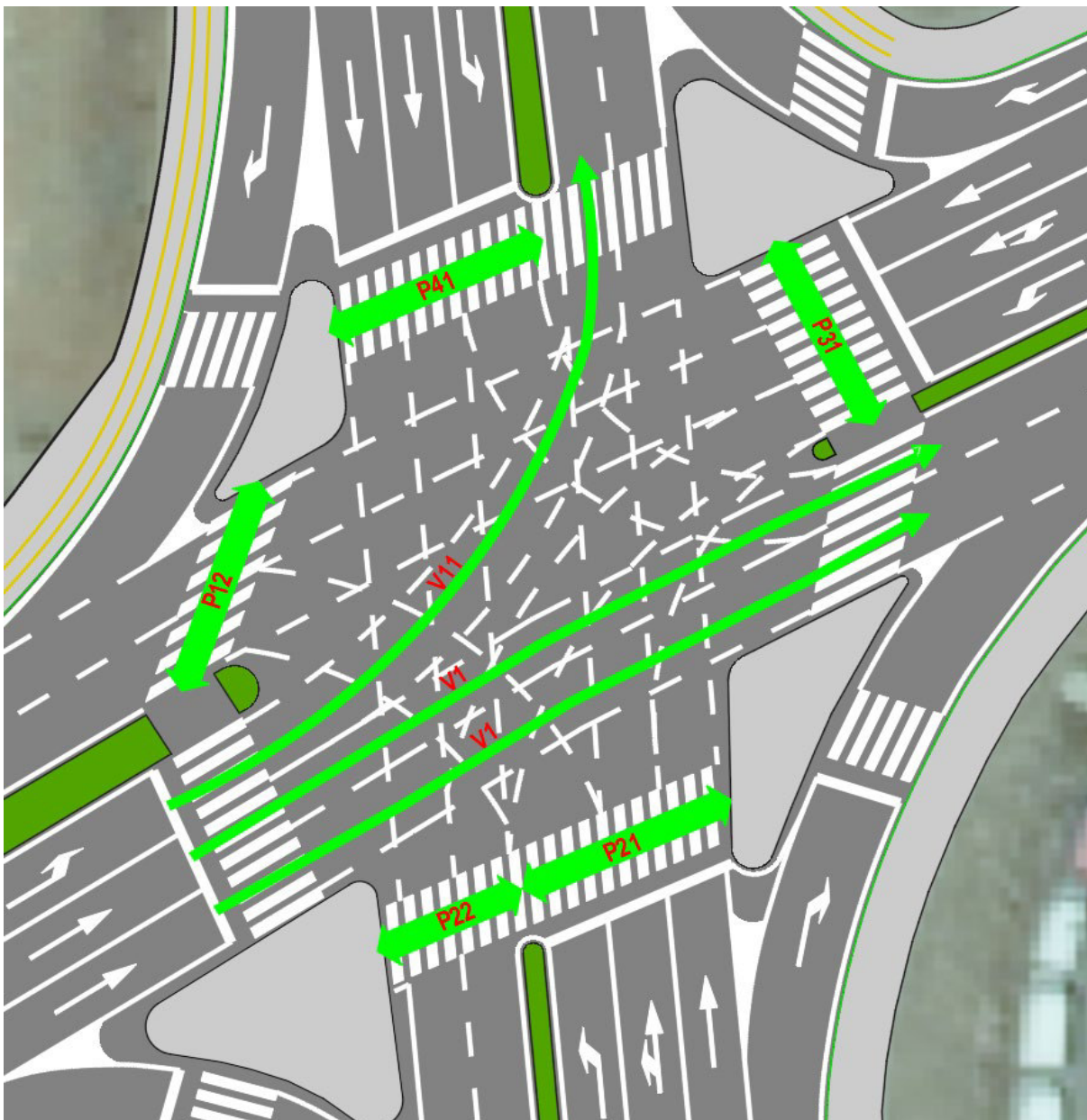
Izvor: [22]

Sa slike 30 se može zaključiti kako je duljina trajanja ciklusa 90 sekundi, a sastoji se od 4 faze koje se odnose na pojedine skupine.

1. faza s pripadajućim signalnim skupinama:

- V1 – Ulica Ante Starčevića – ravno,
- V11 – Ulica Ante Starčevića – lijevo,
- P12 – Ulica Ante Starčevića – kolnik za izlazni promet,
- P21 – D8 – jug – kolnik za ulazni promet,
- P22 – D8 – jug – kolnik za izlazni promet,
- P31 – D8 – istok – kolnik za ulazni promet,
- P41 – Ulica Bleiburških žrtava – kolnik za ulazni promet.

Trajanje 1. faze iznosi 24 sekunde, a trajanje zelenog iznosi 18 sekundi. Do propuštanja vozila iz 2. faze, zaštitno vrijeme iznosi 6 sekundi. Slika 31 predstavlja grafički prikaz odvijanja prometnih tokova u 1. fazi.

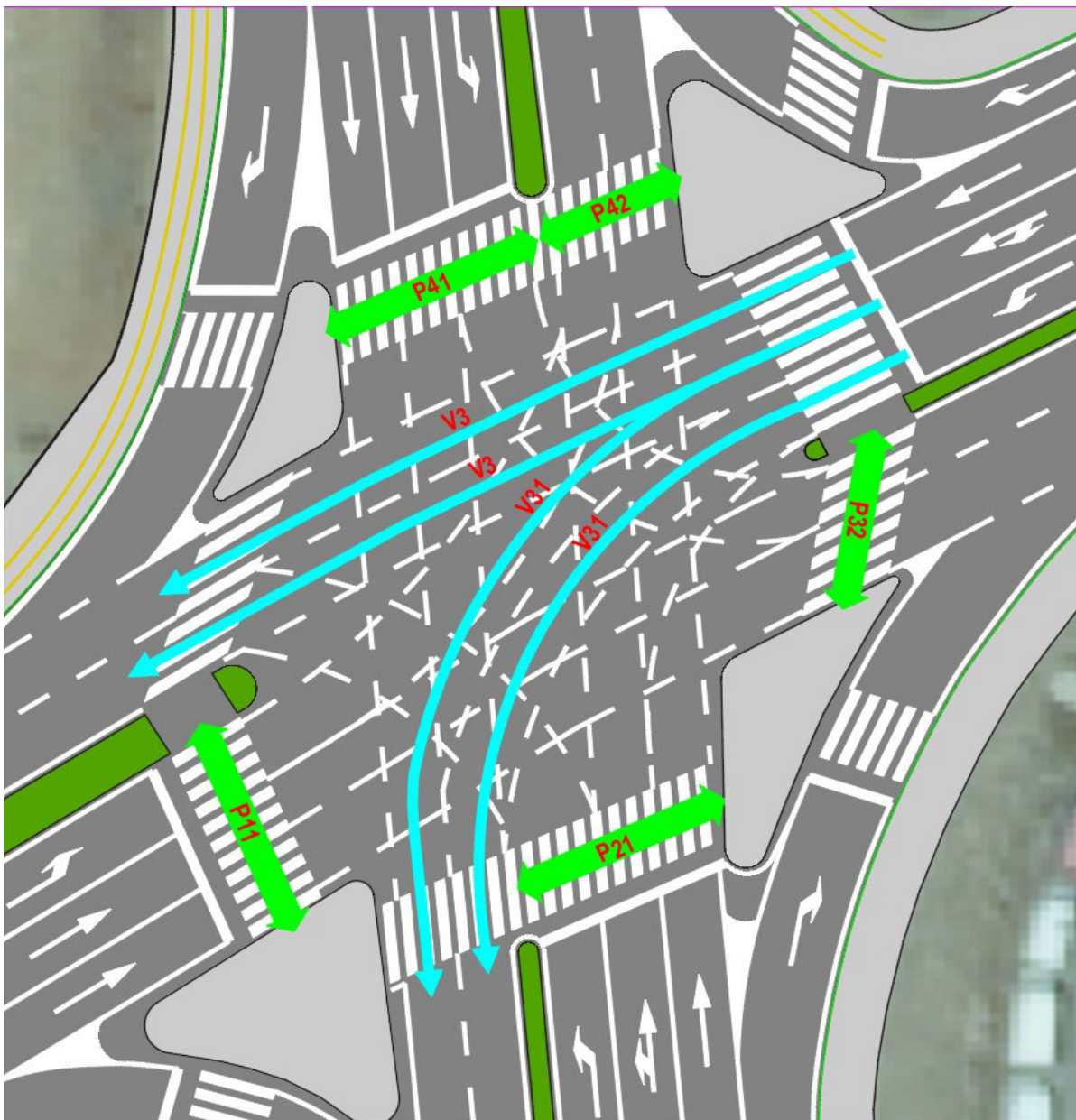


Slika 31. 1. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje
Izvor: [autor]

2. faza s pripadajućim signalnim skupinama:

- V3 – D8 – istok – ravno,
- V31 – D8 – istok – ravno i lijevo,
- P11 – Ulica Ante Starčevića – kolnik za ulazni promet,
- P21 – D8 – jug – kolnik za ulazni promet,
- P32 – D8 – istok – kolnik za izlazni promet,
- P41 – Ulica Bleiburških žrtava – kolnik za ulazni promet,
- P42 – Ulica Bleiburških žrtava – kolnik za izlazni promet.

Trajanje 2. faze iznosi 30 sekundi. 24 sekunde iznosi vrijeme zelenog svijetla te do propuštanja vozila iz 3. faze zaštitno vrijeme iznosi 6 sekundi. Na slici 32 je grafički prikazano odvijanje prometnih tokova u 2. fazi.



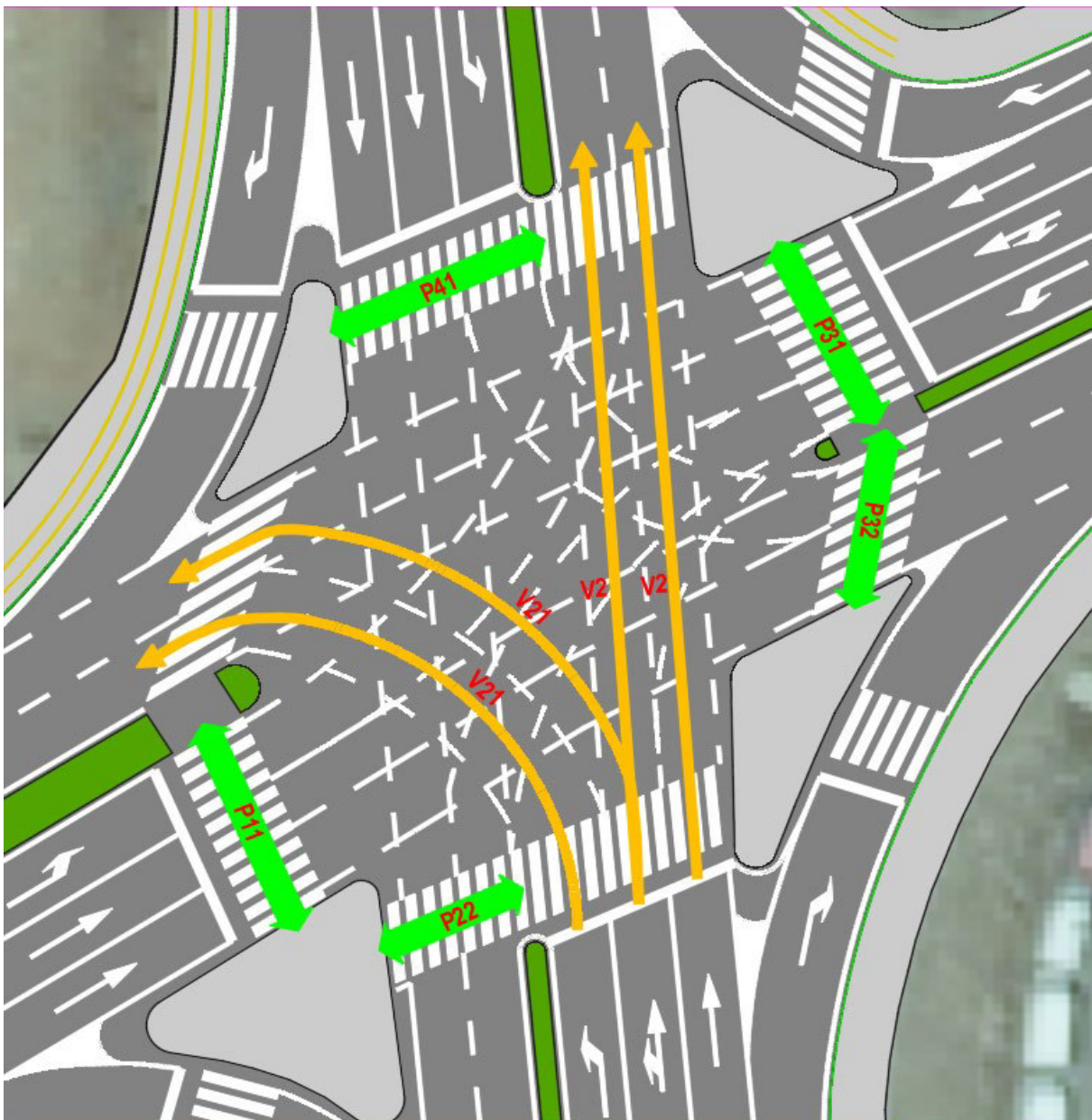
Slika 32. 2. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje

Izvor: [autor]

3. faza s pripadajućim signalnim skupinama:

- V2 – D8 – jug – ravno,
- V21 – D8 – jug – ravno i lijevo,
- P11 – Ulica Ante Starčevića – kolnik za ulazni promet,
- P22 – D8 – jug – kolnik za izlazni promet,
- P31 – D8 – istok – kolnik za ulazni promet,
- P32 – D8 – istok – kolnik za izlazni promet,
- P41 – Ulica Bleiburških žrtava – kolnik za ulazni promet.

Trajanje 3. faze iznosi 20 sekundi dok je trajanje zelenog svijetla 14 sekundi, a zaštitno vrijeme iznosi 6 sekundi do propuštanja vozila iz 4. faze. Na slici 33 je grafički prikazano odvijanje prometnih tokova u 3. fazi.

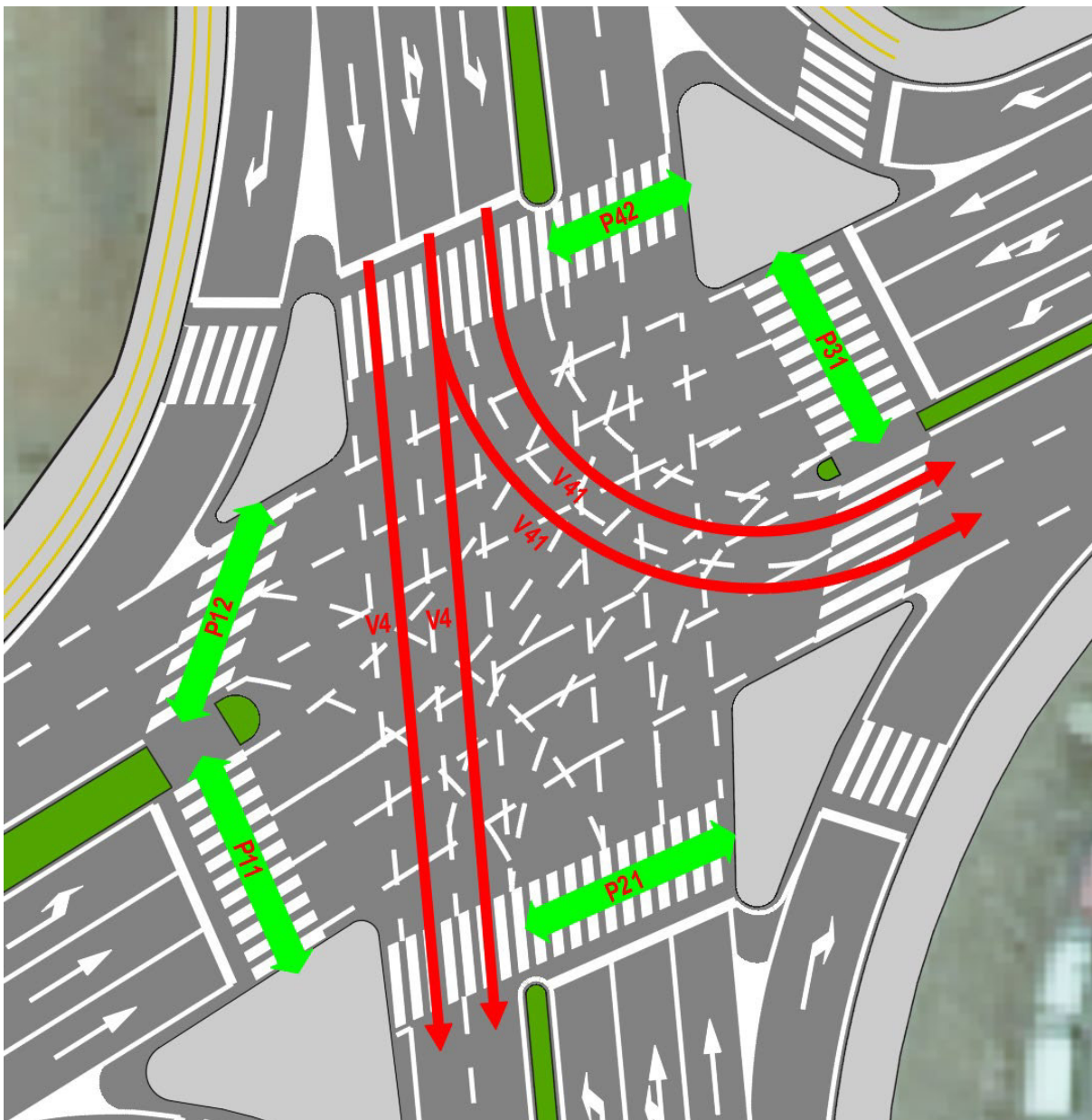


Slika 33. 3. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje
Izvor: [autor]

4. faza s pripadajućim signalnim skupinama:

- V4 – Ulica Bleiburških žrtava – ravno,
- V41 – Ulica Bleiburških žrtava –lijevo,
- P11 – Ulica Ante Starčevića – kolnik za ulazni promet,
- P12 – Ulica Ante Starčevića – kolnik za izlazni promet,
- P21 – D8 – jug – kolnik za ulazni promet,
- P31 – D8 – istok – kolnik za ulazni promet.
- P42 – Ulica Bleiburških žrtava – kolnik za izlazni promet.

Trajanje 4. faze iznosi 16 sekundi, a trajanje zelenog svijetla iznosi 10 sekundi te zaštitno vrijeme iznosi 6 sekundi do ponovnog propuštanja vozila iz 1. faze i završetka jednog ciklusa. Na slici 34 je grafički prikazano odvijanje prometnih tokova u 4. fazi.



Slika 34. 4. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje
Izvor: [autor]

Najduže vrijeme trajanje faze, a ujedno i trajanje zelenog svjetla za vozila jedne signalne skupine je na privozu D8 – istok, zatim redom na privozima Ulice Ante Starčevića, D8 – jug te Ulice Bleiburških žrtava. Obrnuto vrijedi za trajanje zelenog svjetla pješачkih signalnih skupina na prijelazima kolnika za ulazni promet gdje je najkraće vrijeme na privozu D8 – istok, a najduže na privozu Ulice Bleiburških žrtava.

3.5. Analiza postojećih prometnih tokova

Kako bi idejno rješenje zadovoljilo potrebne zahtjeve te u konačnici bilo provedeno, potrebno je prikupiti ulazne podatke odnosno trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Takvi podaci se prikupljaju brojanjem prometa. Brojanje prometa je temelj za planiranje prometnih sustava jer pruža uvid u aktualno stanje prometa. Ti podaci su ključni za identifikaciju potreba za rekonstrukcijom, izgradnjom novih prometnih ruta ili za primjenu drugih mjera koje poboljšavaju sadašnji i budući promet. Prikupljanje tih podataka je bitno radi prometnog i urbanističkog planiranja, definiranja buduće prometne mreže ili oblikovanja prometnih čvorišta te za potencijalne rekonstrukcije postojećih prometnih mreža i izgradnju novih prometnih pravaca. Brojanje prometa se može podijeliti u dvije skupine, a to su:

- statičko – brojanje vozila koja prođu kroz određeni presjek ceste u određenom vremenskom intervalu,
- dinamičko – brojanje prometnih tokova. Njime se ustanovljuje jačina, smjer i put prometnih tokova s pomoću metoda [23]:
 - metoda običnog mjerenja na čvornim točkama,
 - metoda običnog mjerenja registarskih oznaka vozila,
 - metoda obilježavanja listićima,
 - metoda ispitivanja,
 - metoda brojačkih značaka,
 - anketiranje domaćinstava,
 - elektronička metoda po “Pradel-u”.

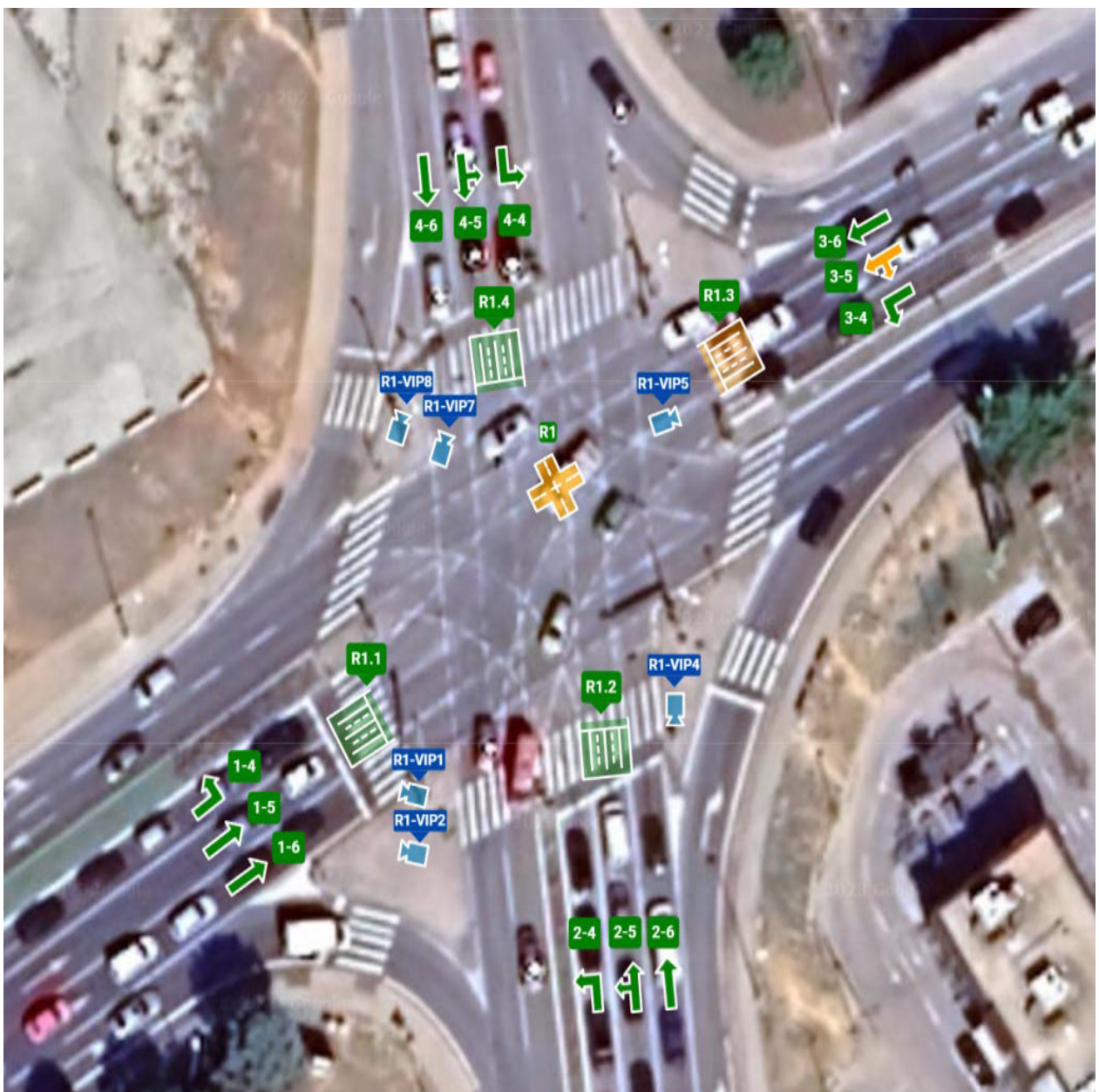
Prvi korak u procesu brojanja prometa je određivanje zone obuhvata za brojanje. Također, bitno je odrediti vremenske periode tijekom kojih će se provoditi brojanje. Ova brojanja mogu trajati jedan ili više dana te se mogu provoditi kontinuirano ili prekidno. Nadalje, potrebno je odrediti vremenske intervale unutar jednog dana, što uključuje odluku o tome hoće li se brojati samo određeni sati u danu ili će se brojanje provoditi kontinuirano tijekom svih sati [6].

Proces brojanja prometa je proveden na području predmetnog raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8, pri čemu su korištene metode:

- automatsko brojanje prometa (video image processor),
- ručno brojanje prometa,
- prethodne studije i analize.

Automatskim brojanjem prometa se omogućuje sustavno prikupljanje velikog obujma podataka o prometnim opterećenjima. Uređaji za brojanje prometa se postavljaju u neposrednoj blizini prometnice ili se ugrađuju u samu prometnicu. Razdoblje brojanja prometa ovisi o potrebi i cilju brojanja prometa. Obično se provode u satnim intervalima tijekom dana, pri čemu se može brojati u intervalima od jednog tjedna, mjeseca ili cijele godine. Ovisno o načinu brojanja prometa može biti povremeno ili neprekidno [24].

Za potrebe ovog rada su korišteni podaci dobiveni s pomoću videosenzora. Videosenzor je sustav koji bilježi i obrađuje slike kako bi se analizirali parametri prometnog toka. Ovi uređaji, također poznati kao VIP (Video Image Processor). Na slici 14 je prikazan plan postavljanja VIP uređaja na raskrižju [25].



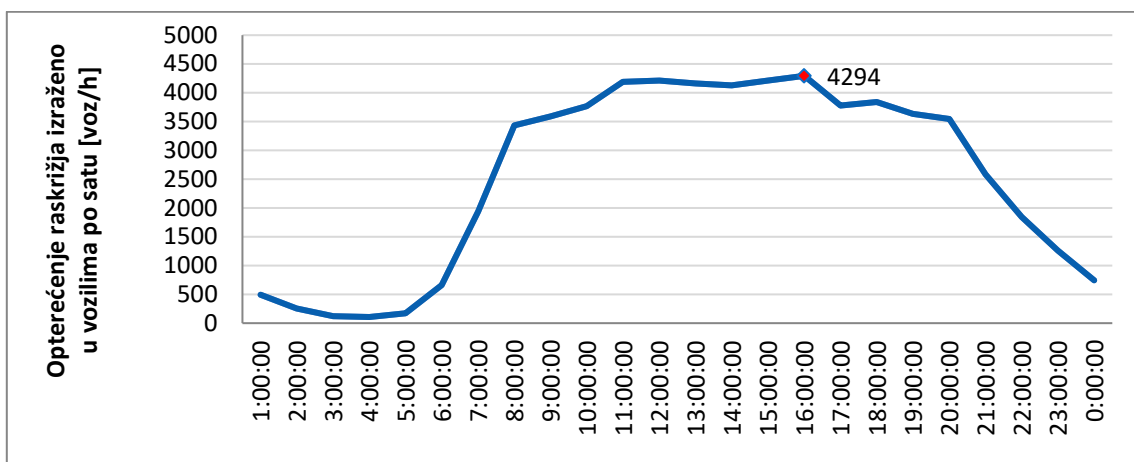
Slika 35. Plan postavljanja VIP uređaja

Izvor: [autor]

2.10.2023.	
Interval End	SUMA [voz/h]
1:00:00	494
2:00:00	252
3:00:00	120
4:00:00	105
5:00:00	175
6:00:00	664
7:00:00	1942
8:00:00	3432
9:00:00	3588
10:00:00	3766
11:00:00	4190
12:00:00	4210
13:00:00	4161
14:00:00	4129
15:00:00	4213
16:00:00	4294
17:00:00	3782
18:00:00	3845
19:00:00	3637
20:00:00	3545
21:00:00	2584
22:00:00	1844
23:00:00	1261
0:00:00	741

Tablica 2. Podaci brojanja prometa za 2.10.2023. godine izraženo u vozilima po satu [voz/h]
Izvor: [autor]

Crveno naznačeno polje ističe najopterećeniji satni interval tijekom dana, odnosno vršni sat. Na grafikonu 1 je prikazana krivulja satnih opterećenja tijekom dana za dan 2.10.2023.



Grafikon 1. Opterećenje raskrižja izraženo u vozilima po satu [voz/h]
Izvor: [autor]

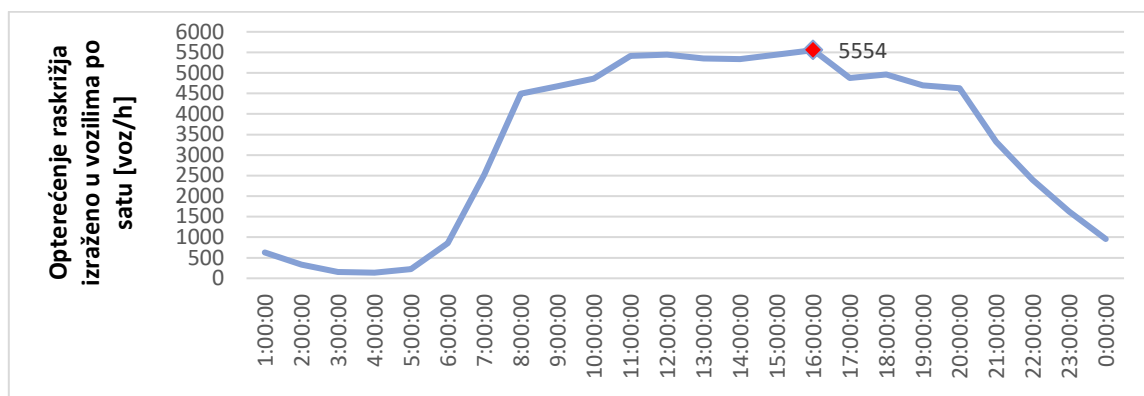
U tablici 2 su prikazani podaci za 21.7.2023. godine gdje je također vršni sat u intervalu od 15:00:00 – 16:00:00 sati.

21.7.2023.	
Interval End	SUMA [voz/h]
1:00:00	630
2:00:00	331
3:00:00	155
4:00:00	137
5:00:00	226
6:00:00	857
7:00:00	2519
8:00:00	4494
9:00:00	4675
10:00:00	4860
11:00:00	5412
12:00:00	5442
13:00:00	5356
14:00:00	5335
15:00:00	5441
16:00:00	5554
17:00:00	4875
18:00:00	4965
19:00:00	4701
20:00:00	4622
21:00:00	3328
22:00:00	2397
23:00:00	1628
0:00:00	960

Tablica 3. Podaci brojanja prometa za 21.7.2023. godine izraženo u vozilima po satu [voz/h]

Izvor: [autor]

Na grafikonu 2 je prikazana krivulja satnih opterećenja tijekom dana za dan 21.7.2023.



Grafikon 2. Opterećenje raskrižja izraženo u vozilima po satu [voz/h]

Izvor: [autor]

S pomoću grafikona 1 i 2 može se vizualizirati dinamičnost volumena prometa tijekom dana odabrane dane u ljetnom i zimskom razdoblju. Prvo značajnije opterećenje raskrižja nastupa u intervalu od 7:00 do 8:00 sati, zatim kontinuirano raste do 10:00 sati. U intervalu od 10:00 sati do 16:00 sati kroz predmetno raskrižje prolazi najveća količina vozila u jedinici vremena uključujući i vršni sat od 15:00 do 16:00. Nakon vršnog sata, prema kraju dana dolazi do postupnog smanjenja prometa. Dinamika volumena prometa za vrijeme oba promatrana razdoblja je slična, međutim razlika je vidljiva u veličini prometa gdje je u vršnom satu ljetnog razdoblja zabilježeno povećanje od 22,68 % u odnosu na vršni sat zimskog razdoblja.

U sljedećim potpoglavljima bit će prikazani rezultati brojanja prometa po privozima za vršni sat u 15-minutnim intervalima. Rezultati su prikazani s pomoću tablica u kojima su razloženi na desne i lijeve skretače te vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema ravno. Budući da se volumen prometa znatno razlikuje za vrijeme zimskih i ljetnih mjeseci, podaci u tablicama su prikazani za datume 2.10.2023. godine i 21.7. 2023. godine. Prilikom obrade podataka u obzir je uzeta struktura prometa, odnosno vrste vozila s obzirom na njihove vožno-dinamičke sposobnosti kretanja, utjecaj na kapacitet prometnice i prometni tok. Iz tog razloga, dobivene podatke potrebno je skalirati s ekvivalentnom ovisno o vrsti vozila kako bi se nehomogena struktura prometnog toka pretvorila u homogeni prometni tok osobnih automobila. Vrijednost ekvivalenata kojima će se pretvorba izvršiti je prikazana u tablici 3 [18].

Kategorija vozila	Ekvivalent jedinica osobnog automobila (EJA)
Motocikli (M)	0,5
Osobni automobili (OA)	1,0
Laka teretna vozila (LT)	1,5
Teška teretna vozila (TT)	2,0
Autobusi (A)	2,0

Tablica 4. Ekvivalent jedinica osobnog automobila (EJA)

Izvor: [19]

U tablicama su privozi i smjerovi kretanja su označeni s brojevima:

- R1 – Ulica Ante Starčevića,
- R2 – D8 – jug,
- R3 – D8 – istok,
- R4 – Ulica Bleiburških žrtava.

Također, u posebnom poglavlju će biti predloženi rezultati brojanja pješačkog i biciklističkog prometa.

3.5.1. Rezultati brojanja za 2.10.2023. godine

U sljedećim tablicama prikazani su rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine po privozima u 15-minutnim intervalima.

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	12	0-15'	0	48	9	4	1	
		15'-30'	2	41	11	6	1	
		30'-45'	0	35	10	4	0	
		45'-60'	3	33	7	3	0	
		ukupno	5	157	37	17	2	
		EJA	2,5	157	55,5	34	4	
		sveukupno vozila						218
		sveukupno EJA						253

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	13	0-15'	2	109	14	2	2	
		15'-30'	5	126	18	4	0	
		30'-45'	6	117	15	5	2	
		45'-60'	4	104	14	5	0	
		ukupno	17	456	61	16	4	
		EJA	8,5	456	91,5	32	8	
		sveukupno vozila						554
		sveukupno EJA						596

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	14	0-15'	3	35	4	1	0	
		15'-30'	1	25	1	1	0	
		30'-45'	0	28	2	1	0	
		45'-60'	2	29	3	0	0	
		ukupno	6	117	10	3	0	
		EJA	3	117	15	6	0	
		sveukupno vozila						136
		sveukupno EJA						141

Tablica 5. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz Ulice Ante Starčevića (R1)

Izvor: [autor]

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	23	0-15'	3	75	18	6	0	
		15'-30'	4	77	15	8	0	
		30'-45'	5	77	12	5	0	
		45'-60'	6	84	16	4	0	
		ukupno	18	313	61	23	0	
		EJA	9	313	91,5	46	0	
		sveukupno vozila	415					
		sveukupno EJA	460					

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	24	0-15'	0	51	8	1	0	
		15'-30'	0	56	5	1	0	
		30'-45'	2	59	9	0	0	
		45'-60'	2	66	7	3	0	
		ukupno	4	232	29	5	0	
		EJA	2	232	43,5	10	0	
		sveukupno vozila	270					
		sveukupno EJA	288					

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	21	0-15'	0	50	6	4	1	
		15'-30'	1	46	7	10	0	
		30'-45'	6	56	2	7	1	
		45'-60'	4	69	4	5	1	
		ukupno	11	221	19	26	3	
		EJA	5,5	221	28,5	52	6	
		sveukupno vozila	280					
		sveukupno EJA	313					

Tablica 6. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz D8 – jug (R2)

Izvor: [autor]

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	34	0-15'	2	86	13	2	0
		15'-30'	2	76	16	1	0
		30'-45'	2	72	18	2	0
		45'-60'	1	65	15	2	0
		ukupno	7	299	62	7	0
		EJA	3,5	292	93	14	0
		sveukupno vozila	375				
		sveukupno EJA	410				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	31	0-15'	9	171	31	1	1
		15'-30'	7	173	20	3	2
		30'-45'	3	164	26	5	0
		45'-60'	7	166	29	3	1
		ukupno	26	674	106	12	4
		EJA	13	674	159	24	8
		sveukupno vozila	822				
		sveukupno EJA	878				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	32	0-15'	0	133	11	12	0
		15'-30'	2	143	4	8	0
		30'-45'	0	112	16	17	0
		45'-60'	1	100	10	21	0
		ukupno	3	488	41	58	0
		EJA	1,5	488	61,5	116	0
		sveukupno vozila	590				
		sveukupno EJA	667				

Tablica 7. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz D8 – istok
(R3)

Izvor: [autor]

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	41	0-15'	0	37	0	1	0
		15'-30'	0	28	4	0	0
		30'-45'	0	25	5	0	0
		45'-60'	1	22	2	2	0
		ukupno	1	112	11	3	0
		EJA	0,5	112	16,5	6	0
		sveukupno vozila	127				
		sveukupno EJA	135				

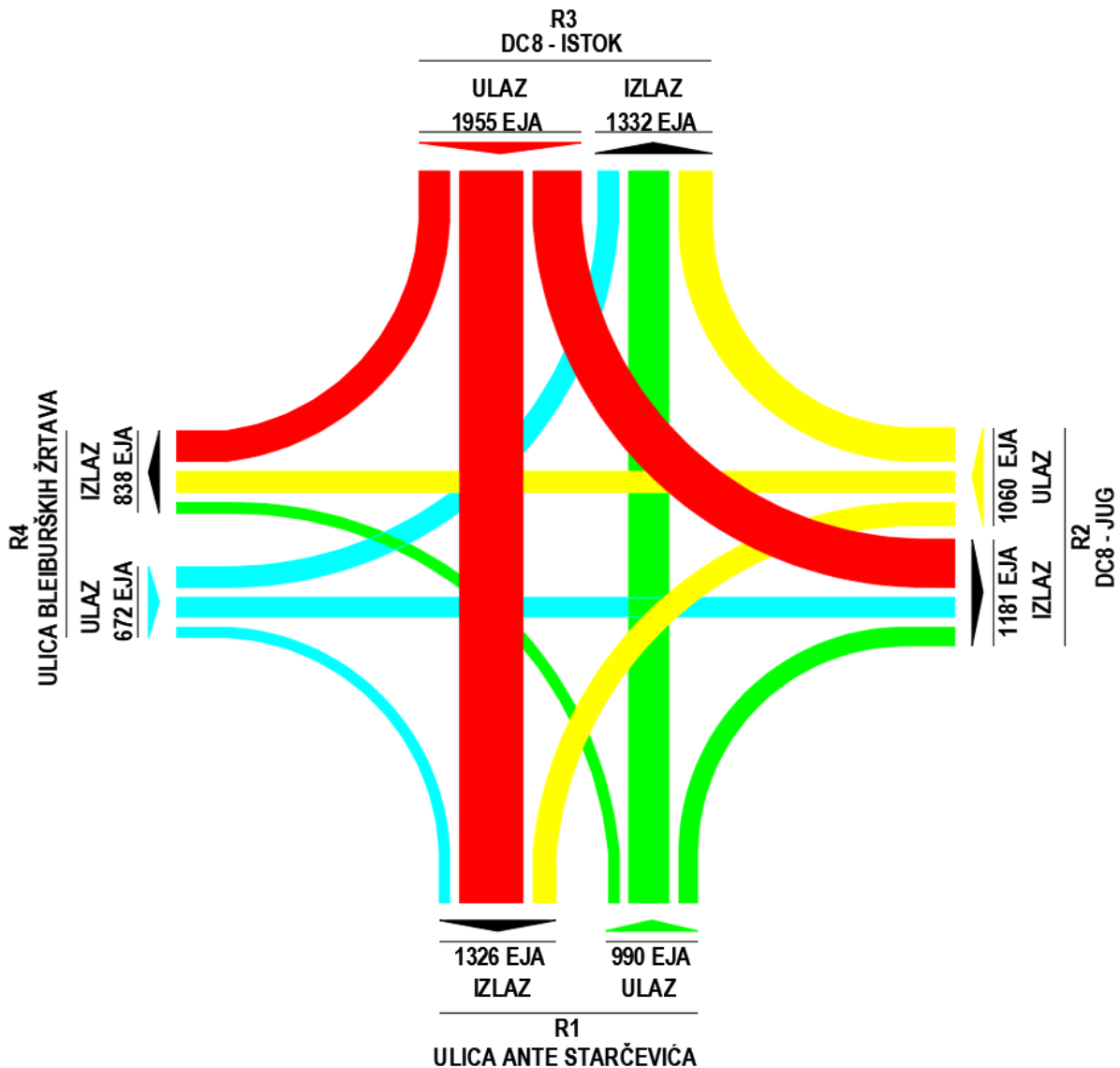
sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	42	0-15'	1	48	8	2	0
		15'-30'	2	65	1	0	0
		30'-45'	1	56	5	2	0
		45'-60'	0	48	7	1	0
		ukupno	4	217	21	5	0
		EJA	2	217	31,5	10	0
		sveukupno vozila	247				
		sveukupno EJA	261				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	43	0-15'	0	51	3	1	0
		15'-30'	2	56	10	3	0
		30'-45'	2	66	7	7	0
		45'-60'	0	53	3	0	0
		ukupno	4	226	23	11	0
		EJA	2	226	34,5	22	0
		sveukupno vozila	260				
		sveukupno EJA	277				

Tablica 8. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz Ulice Bleiburških žrtava (R4)

Izvor: [autor]

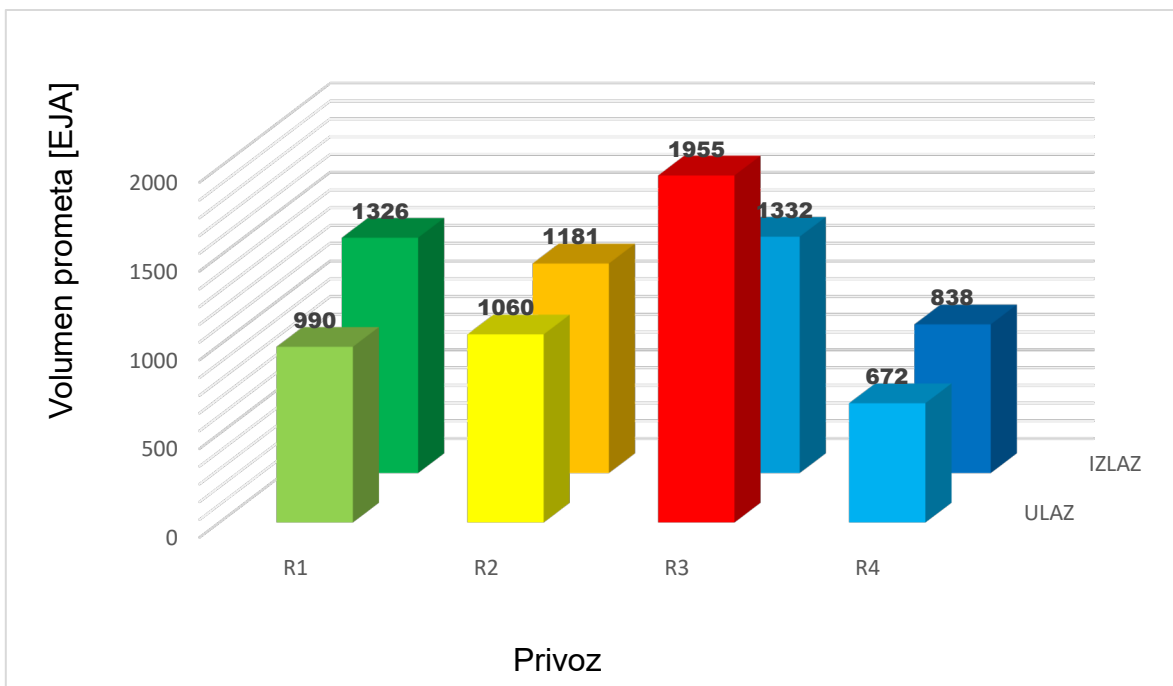
Na slici 37 je grafički prikazan volumen prometa za 2.10.2023. godine za vrijeme vršnog opterećenja.



Slika 37. Grafički prikaz volumena prometa za 2.10.2023. godine

Izvor: [autor]

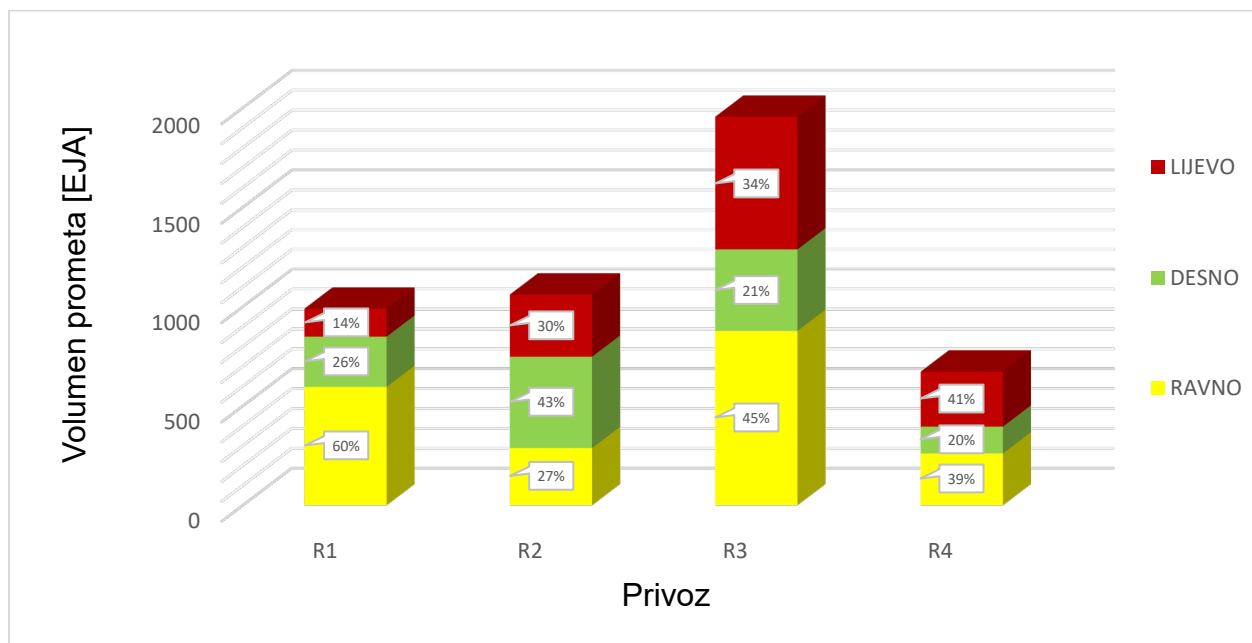
S pomoću Grafikona 3 se može kvalitetnije percipirati opterećenost ulaza i izlaza pojedinih privoza. Ako razložimo ceste prema funkcionalnim značajkama, privoz R1 predstavlja gradsku cestu koja preuzima promet s raskrižja, zatim se promet dalje rasprostranjuje u gradsku uličnu mrežu. Obrnutu zadaću ima u slučaju kad preuzima promet iz gradske ulične mreže. Za takav slučaj, osim što služi kao cesta za povezivanje gradskih četvrti, također ima funkciju povezivanja grada sa širom regijom i cestama višeg reda. Ako promatramo privoz R2 i R3, njihova osnovna funkcionalna značajka je povezivanje grada sa širom regijom i cestama višeg reda. Funkcionalna značajka ceste privoza R4 služi za povezivanju i usmjeravanje prometa iz stambenih i trgovačkih područja te ga usmjeruju na ceste višeg reda.



Grafikon 3. Opterećenost ulaza i izlaza na privozima za 2.10.2023. godine

Izvor: [autor]

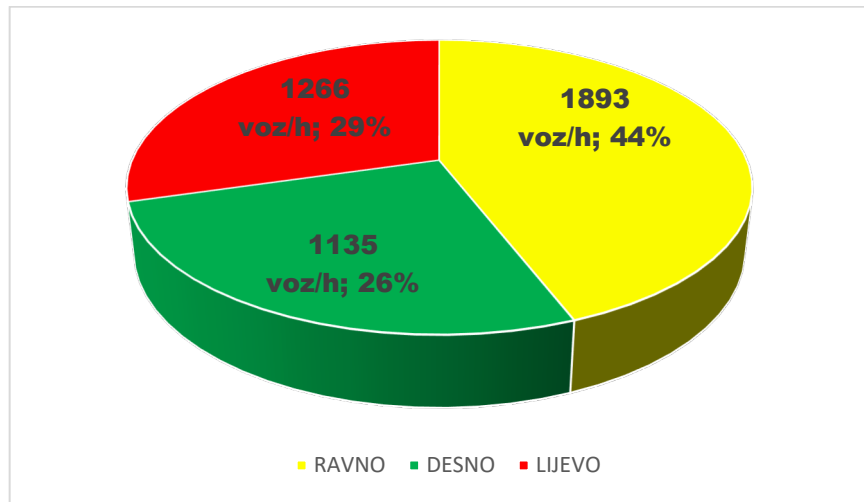
Ako se uzme u obzir prethodno navedeno te se analiziraju podaci prikazani na grafikonu 4, može se zaključiti kako su dominantni smjerovi kretanja ulaznog prometa u raskrižju usmjereni na izlaz privoza R3 i izlaz privoza R1, a zatim slijedi izlaz privoza R2. Iz tog razlog se može reći kako se velik dio ukupnog prometnog toka usmjerava na ceste višeg reda i prema ruralnim područjima grada. Prema izvoru i cilju putovanja takav promet se može okarakterizirati kao prolazni (tranzitni) i povratni promet.



Grafikon 4. Volumen ulaznog prometa u raskrižje ovisno o smjeru kretanja po privozima 2.10.2023. godine

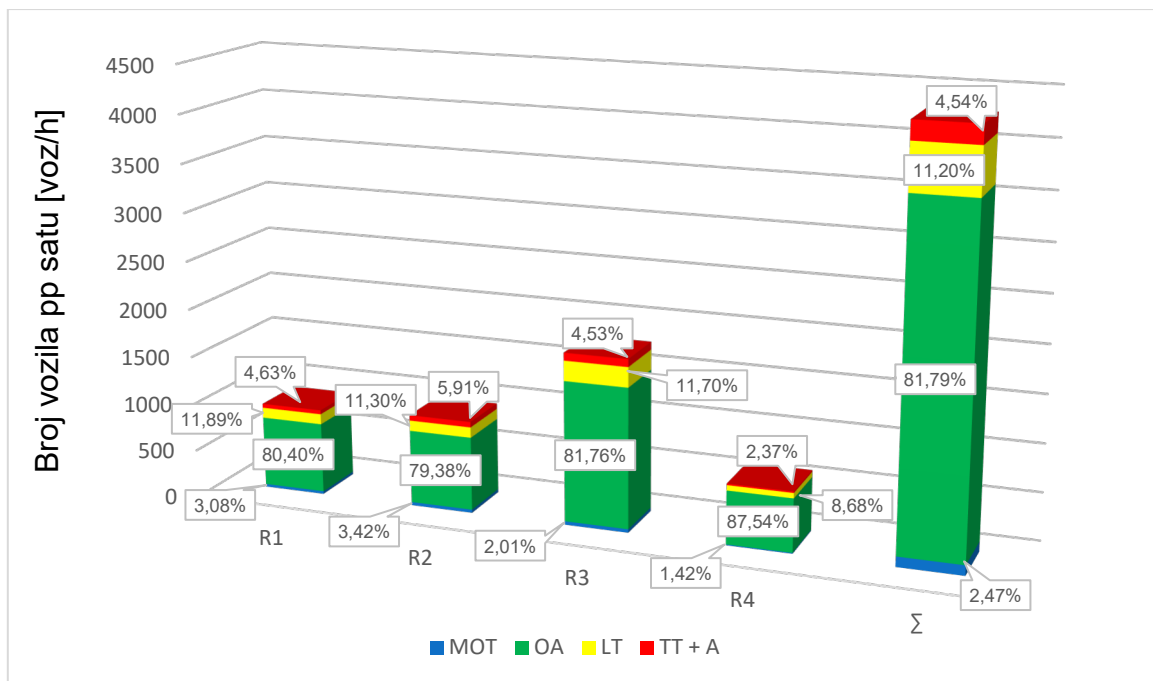
Izvor: [autor]

Bitni podaci koji utječu na formiranje prijedloga idejnog prometnog rješenja jest ukupan udio vozila koja skreću lijevo i desno te udio vozila koja zadržavaju smjer kretanja, odnosno koja se kreću ravno. Navedeni podaci su prikazani na grafikonu 5.



Grafikon 5. Udio vozila po smjeru kretanja ukupnog prometa 2.10.2023. godine
Izvor: [autor]

Podaci grafikona 5 ukazuju da su dominantni prometni tokovi koji zadržavaju smjer kretanja prema ravno zatim slijede prometni tokovi koji imaju smjer kretanja u lijevo uz manju razliku u odnosu na prometne tokove koji imaju smjer kretanja u desno. Isto tako su bitni podaci o strukturi prometa, odnosno podaci o udjelu teretnih vozila i autobusa u prometnim tokovima. Iz tog razloga su na grafikonu 6 prikazani podaci o udjelu određene skupine vozila ovisno o vozno-dinamičkim karakteristikama.



Grafikon 6. Udio vozila s obzirom na vozno- dinamičke karakteristike po privozima i ukupno 2.10.2023. godine
Izvor: [autor]

Za potrebu analize i prognoze prometnih tokova također je bitno izračunati PGDP (prosječan godišnji dnevni promet). Za svrhu izračuna ovih podataka potrebno je ukupno prometno opterećenje raskrižja za vrijeme vršnog sata pomnožiti s koeficijentom između 9 i 14. Ovaj koeficijent se odabire ovisno o veličini grada te parametrima gospodarstva i demografije, a ukupno opterećenje se računa tako da se zbroji ukupan broj vozila koji ulazi u raskrižje iz svih privoza za vrijeme vršnog sata. Iz navedenog slijedi:

$$\begin{aligned}908+965+1787+634 &= 4294 \text{ voz/h} \\k &= 10 \\ \text{PGDP} &= 4294 * 10 = 42940 \text{ voz/dan}\end{aligned}$$

3.5.2. Rezultati brojanja za 21.7.2023. godine

U sljedećim tablicama prikazani su rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine po privozima u 15-minutnim intervalima.

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	12	0-15'	9	65	8	4	1
		15'-30'	2	57	11	7	1
		30'-45'	5	48	12	7	0
		45'-60'	3	44	14	6	1
		ukupno	19	214	45	24	3
		EJA	9,5	214	67,5	48	6
		sveukupno vozila	305				
		sveukupno EJA	345				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	13	0-15'	10	151	14	6	1
		15'-30'	4	161	18	4	2
		30'-45'	7	148	15	7	1
		45'-60'	10	130	18	8	1
		ukupno	31	590	65	25	5
		EJA	15,5	590	97,5	50	10
		sveukupno vozila	716				
		sveukupno EJA	763				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	14	0-15'	4	39	2	0	0
		15'-30'	0	35	2	1	0
		30'-45'	3	27	3	2	0
		45'-60'	0	29	4	1	0
		ukupno	7	130	11	4	0
		EJA	3,5	130	16,5	8	0
		sveukupno vozila	152				
		sveukupno EJA	158				

Tablica 9. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz Ulice Ante Starčevića (R1)

Izvor: [autor]

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	23	0-15'	3	104	22	6	0	
		15'-30'	5	114	25	11	0	
		30'-45'	8	123	16	9	0	
		45'-60'	13	112	18	5	0	
		ukupno	29	453	81	31	0	
		EJA	14,5	453	121,5	62	0	
		sveukupno vozila	594					
		sveukupno EJA	651					

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	24	0-15'	0	75	8	1	0	
		15'-30'	5	88	8	3	0	
		30'-45'	2	86	11	2	0	
		45'-60'	2	71	15	2	0	
		ukupno	9	320	42	8	0	
		EJA	4,5	320	63	16	0	
		sveukupno vozila	379					
		sveukupno EJA	404					

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A	
15:00 - 16:00	21	0-15'	2	46	5	4	0	
		15'-30'	4	49	3	7	2	
		30'-45'	7	56	9	10	0	
		45'-60'	4	63	12	5	2	
		ukupno	17	214	29	26	4	
		EJA	8,5	214	43,5	52	8	
		sveukupno vozila	290					
		sveukupno EJA	326					

Tablica 10. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz D8 – jug (R2)

Izvor: [autor]

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	34	0-15'	5	110	18	2	0
		15'-30'	2	96	22	6	0
		30'-45'	2	89	18	6	0
		45'-60'	1	81	21	7	0
		ukupno	10	376	79	21	0
		EJA	5	376	118,5	42	0
		sveukupno vozila	486				
		sveukupno EJA	542				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	31	0-15'	18	224	31	1	1
		15'-30'	11	219	35	4	2
		30'-45'	10	216	32	6	1
		45'-60'	10	211	23	8	1
		ukupno	49	870	121	19	5
		EJA	24,5	870	181,5	38	10
		sveukupno vozila	1064				
		sveukupno EJA	1124				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	32	0-15'	10	169	11	12	0
		15'-30'	6	155	15	17	0
		30'-45'	6	147	18	15	0
		45'-60'	4	140	14	24	0
		ukupno	26	611	58	68	0
		EJA	13	611	87	136	0
		sveukupno vozila	763				
		sveukupno EJA	847				

Tablica 11. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz D8 – istok (R3)

Izvor: [autor]

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	41	0-15'	3	39	2	0	0
		15'-30'	0	33	5	1	0
		30'-45'	0	29	3	1	0
		45'-60'	0	27	1	1	0
		ukupno	3	128	11	3	0
		EJA	1,5	128	16,5	6	0
		sveukupno vozila	145				
		sveukupno EJA	152				

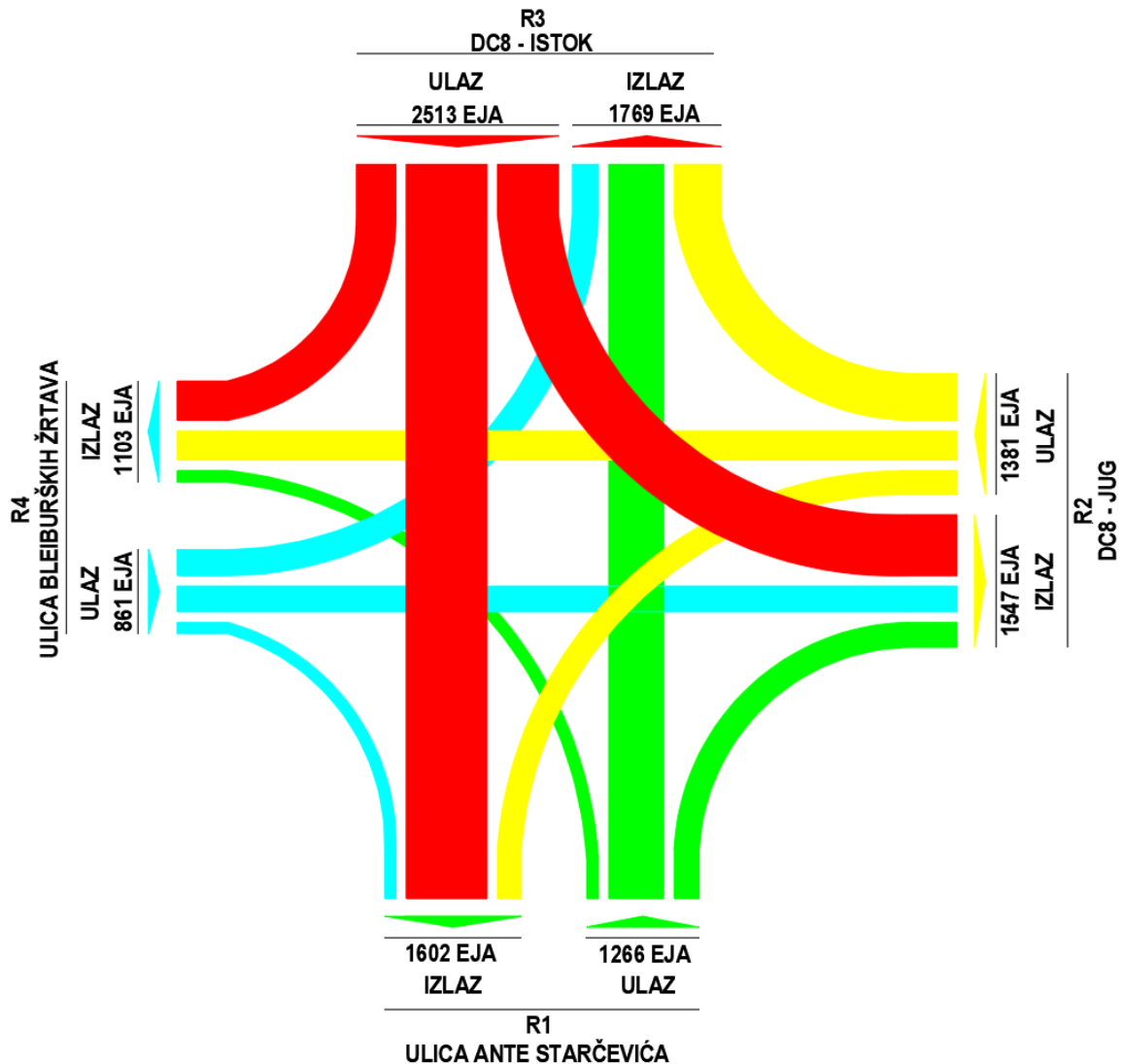
sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	42	0-15'	5	81	8	1	0
		15'-30'	0	75	4	5	0
		30'-45'	2	65	9	4	0
		45'-60'	1	58	8	4	0
		ukupno	8	279	29	14	0
		EJA	4	279	43,5	28	0
		sveukupno vozila	330				
		sveukupno EJA	355				

sat	smjer	15'-int	MOT	OA	LT	TT	A
15:00 - 16:00	43	0-15'	1	67	8	3	0
		15'-30'	5	74	9	3	0
		30'-45'	5	70	10	2	0
		45'-60'	0	59	11	3	0
		ukupno	11	270	38	11	0
		EJA	5,5	270	57	22	0
		sveukupno vozila	330				
		sveukupno EJA	355				

Tablica 12. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz Ulice Bleiburških žrtava (R4)

Izvor: [autor]

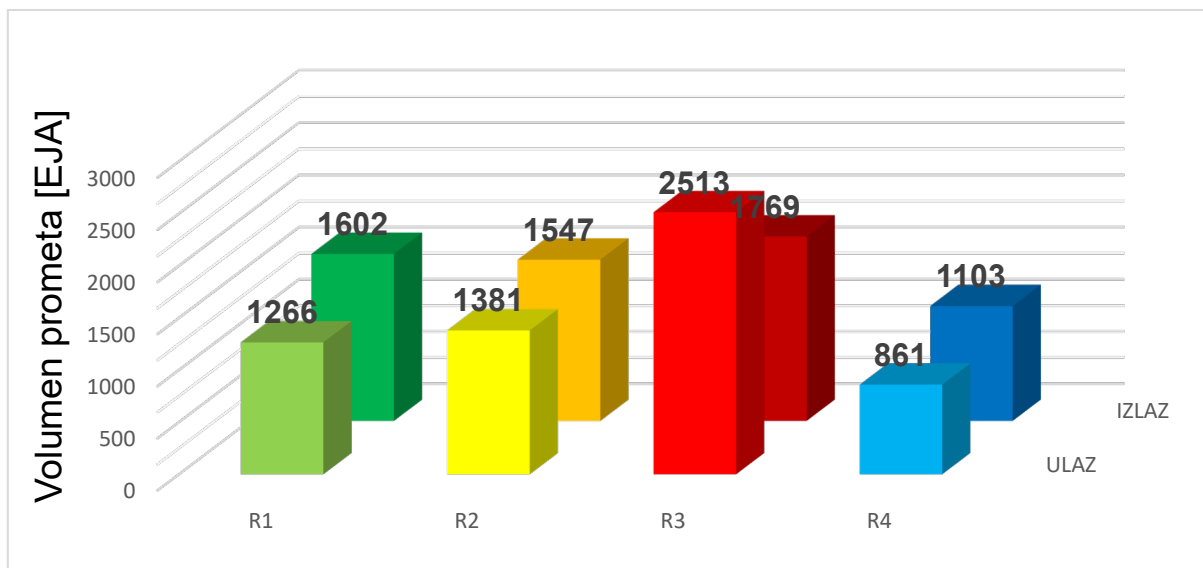
Na slici 38 je grafički prikazan volumen prometa za 21.7.2023. godine za vrijeme vršnog opterećenja.



Slika 38. Grafički prikaz volumena prometa za 21.7.2023. godine

Izvor: [autor]

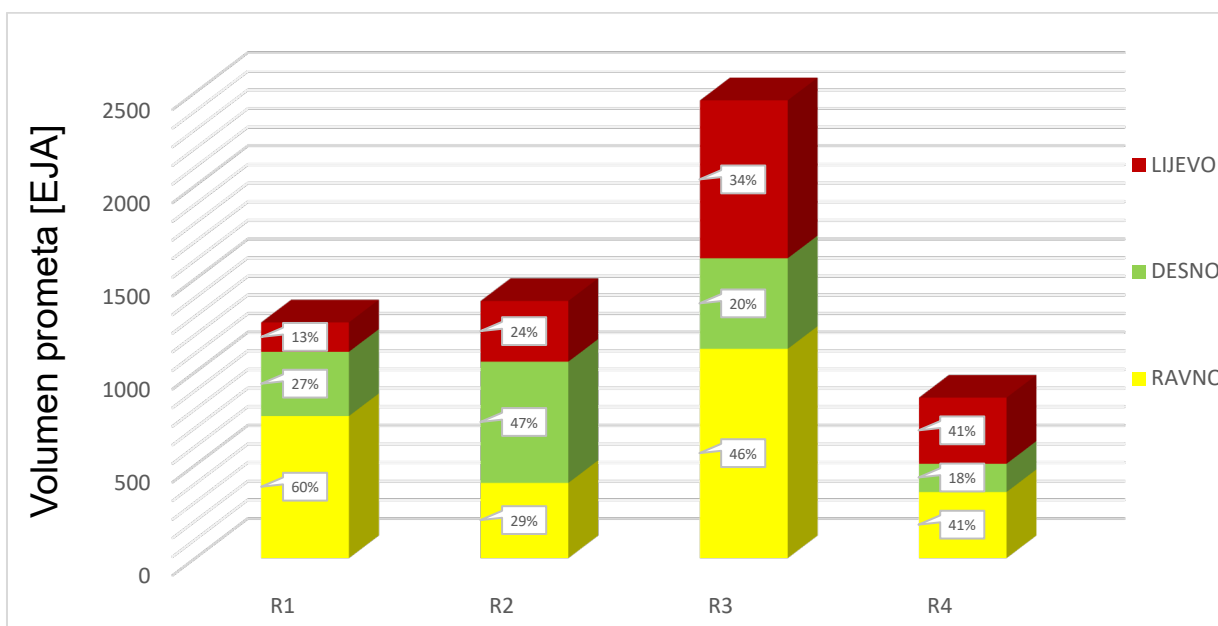
Ako promatramo sliku 38 vidljivo je da se prometni tokovi povećavaju na svim privozima i smjerovima kretanja pojedinih privoza u odnosu na promatrano zimsko razdoblje. Na grafikonu 7 je prikazana usporedba opterećenosti ulaza i izlaza za ljetno razdoblje.



Grafikon 7. Opterećenost ulaza i izlaza na privozima za 21.7.2023. godine

Izvor: [autor]

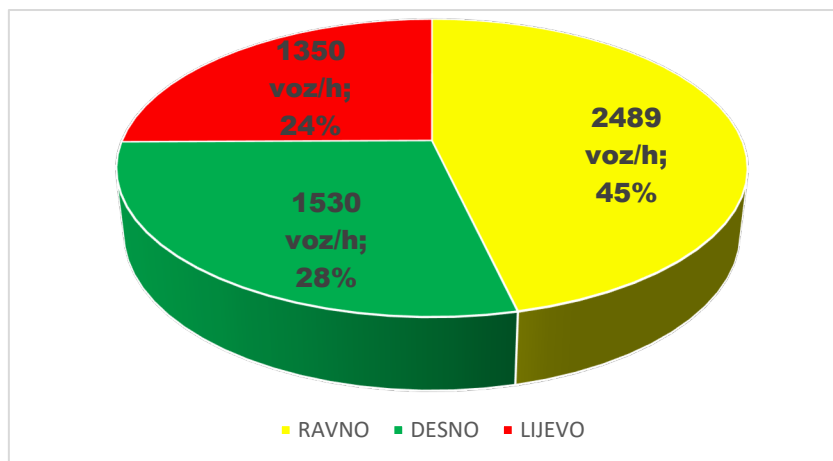
Omjeri ulaza i izlaza na svim privozima zadržava sličnu formu kao u zimskom razdoblju. Izlazi na svim privozima osim na privozu R3 su opterećeniji nego ulazi. Smjerovi kretanja po privozima prikazani na grafikonu 8 također daju slične podatke kao u zimskom razdoblju, odstupanja su manja od 2 %.



Grafikon 8. Volumen ulaznog prometa u raskrižje ovisno o smjeru kretanja po privozima za 21.7.2023. godine

Izvor: [autor]

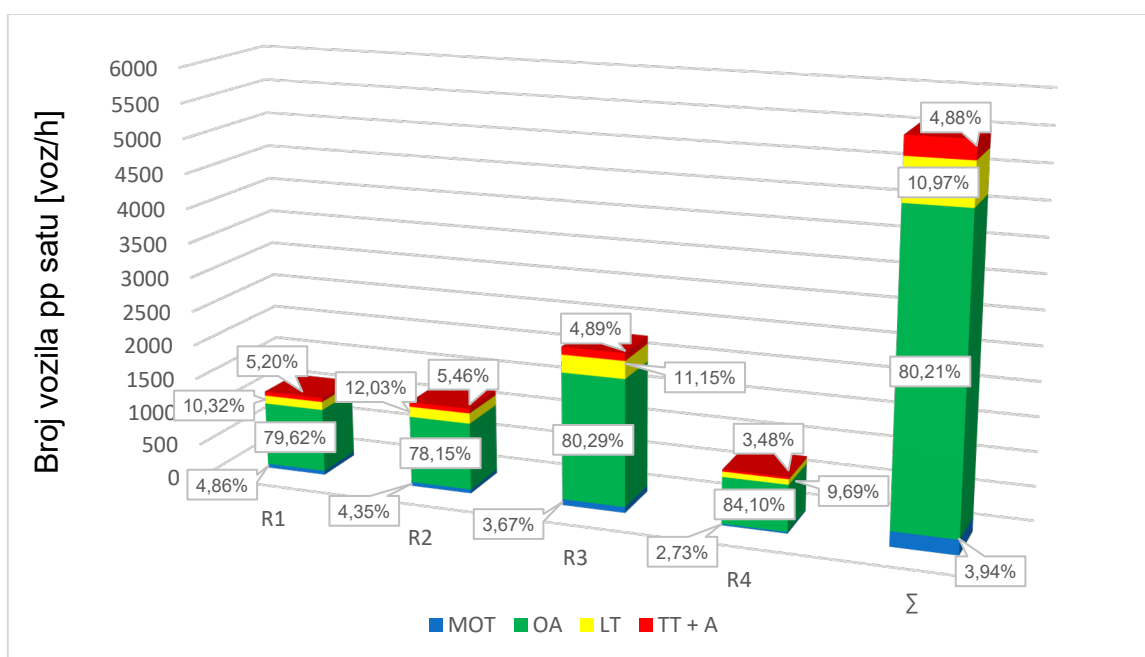
Iako su po privozima vidljiva manja odstupanja u smjerovima kretanja, značajna razlika je vidljiva ako ih pretvorimo u ukupan prometni tok. Na grafikonu 9 se može primijetiti porast udjela vozila kojima je smjer kretanja u desno dok je s druge strane zabilježen pad udjela vozila kojima ma je smjer kretanja u lijevo u odnosu na zimsko razdoblje.



Grafikon 9. Udio vozila po smjeru kretanja ukupnog prometa za 21.7.2023. godine

Izvor: [autor]

Podaci o strukturi prometa vidljivi na grafikonu 10 ukazuju na blage promjene u prometnim tokovima s obzirom na vozno-dinamičke karakteristike. U ljetnom razdoblju se bilježi rast udjela motocikala, teških teretnih vozila i autobusa dok udio osobnih automobila i lakih teretnih vozila bilježi blagi pad u odnosu na zimsko razdoblje.



Grafikon 10. Udio vozila s obzirom na vozno- dinamičke karakteristike po privozima i ukupno za 21.7.2023. godine

Izvor: [autor]

Takvi podaci su uzrok povećanim gospodarskim aktivnostima za vrijeme ljetne turističke sezone gdje se bilježi povećan broj međugradskih i turističkih autobusa te teških teretnih vozila koji opskrbljuju turističke destinacije. Povećan broj motocikala ukazuje također ukazuje na turističke aktivnosti, međutim i na promjene lokalnog stanovništva prilikom odabira prijevoznog sredstva kako bi se prilagodili uvjetima prometnih tokova.

3.5.3. Rezultati brojanja pješačkog prometa za 26.03.2024 godine

U tablici 13 su prikazani rezultati brojanja pješačkog i biciklističkog prometa za 26.03.2024. godine u popodnevnom vršnom satu. Budući da nije evidentiran biciklistički prijelaz, volumen biciklističkog prometa je izražen kao pješački promet, odnosno jedinica za volumen biciklističkog i pješačkog prometa je broj pješaka po satu.

sat	smjer	15'-int	BIC	PJEŠACI
15:00 - 16:00	R1	0-15'	2	5
		15'-30'	4	8
		30'-45'	4	4
		45'-60'	3	5
		ukupno	13	22
ukupno pješaka/sat			35	

sat	smjer	15'-int	BIC	PJEŠACI
15:00 - 16:00	R2	0-15'	3	6
		15'-30'	1	9
		30'-45'	2	6
		45'-60'	3	8
		ukupno	9	29
ukupno pješaka/sat			38	

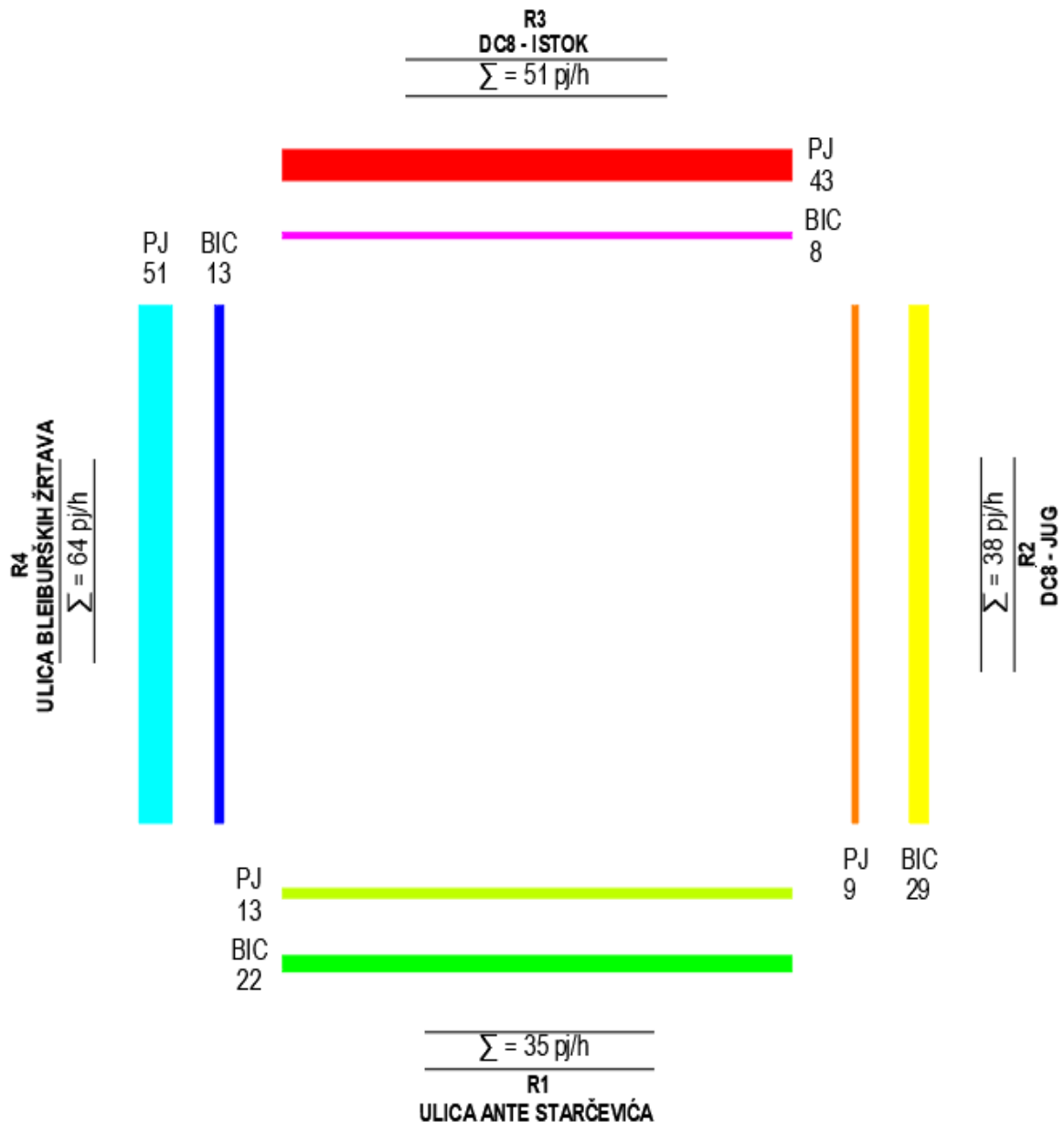
sat	smjer	15'-int	BIC	PJEŠACI
15:00 - 16:00	R3	0-15'	2	10
		15'-30'	1	12
		30'-45'	2	9
		45'-60'	3	12
		ukupno	8	43
ukupno pješaka/sat			51	

sat	smjer	15'-int	BIC	PJEŠACI
15:00 - 16:00	R4	0-15'	2	16
		15'-30'	3	12
		30'-45'	4	12
		45'-60'	4	11
		ukupno	13	51
ukupno pješaka/sat			64	

Tablica 13. Volumen pješačkog i biciklističkog prometa za 26.03.2024. u vršnom satu

Izvor: [autor]

Grafički prikaz volumena pješačkih tokova u vršnom satu je prikazan na slici 39. Najdominantniji pješački dok je na privoz Ulice Bleiburških žrtava, zatim redom D8 – istok, D8 – jug te Ulica Ante Starčevića.

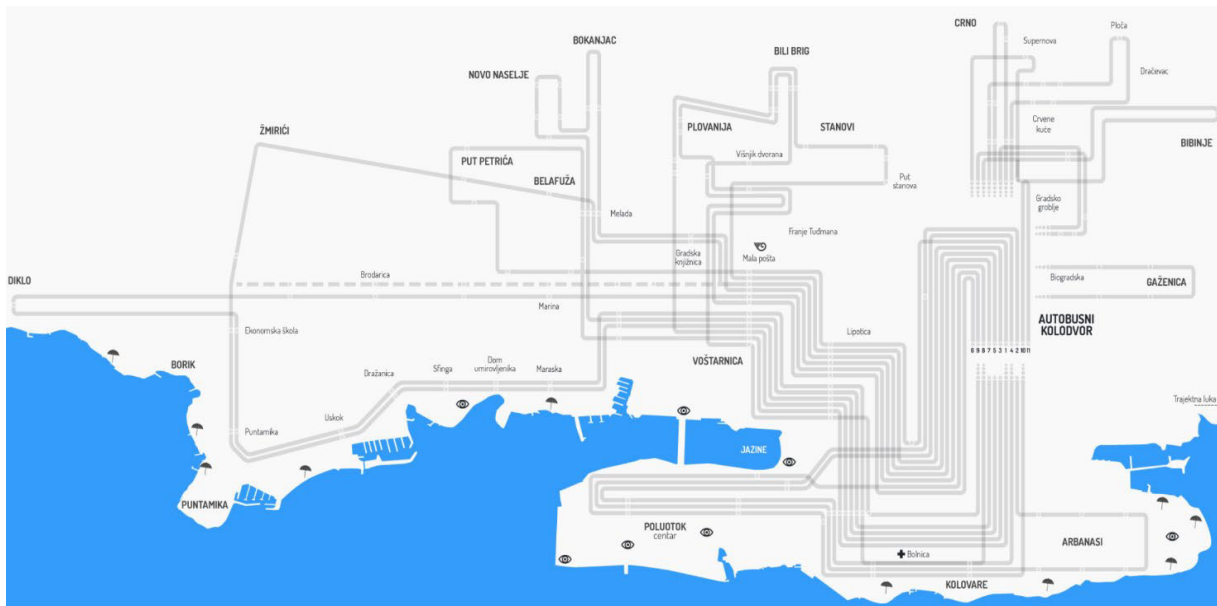


Slika 39. Grafički prikaz volumena pješačkog i biciklističkog prometa za 26.03.2024. u vršnom satu

Izvor: [autor]

3.6. Analiza javnog gradskog i prigradskog prijevoza

Osnovnu infrastrukturu i suprastrukturu sustava javnog gradskog i prigradskog prijevoza putnika u gradu Zadru čini autobusni promet. Ovaj sustav pruža povezanost između različitih dijelova grada i okolnih naselja te poslovnih i trgovačkih područja do stambenih četvrti i turističkih atrakcija. Javni gradski prijevoz u gradu Zadru je organiziran kroz ukupno 16 linija na kojima trenutno prometuje 16 autobusa dok je prigradski prijevoz organiziran s ukupno 30 linija. Poduzeće kojemu su većinski dodijeljene usluge obavljanja javnog gradskog i prigradskog prijevoza je Liburnija d.o.o. Na slici 40 je prikazana mreža gradskih autobusnih linija.



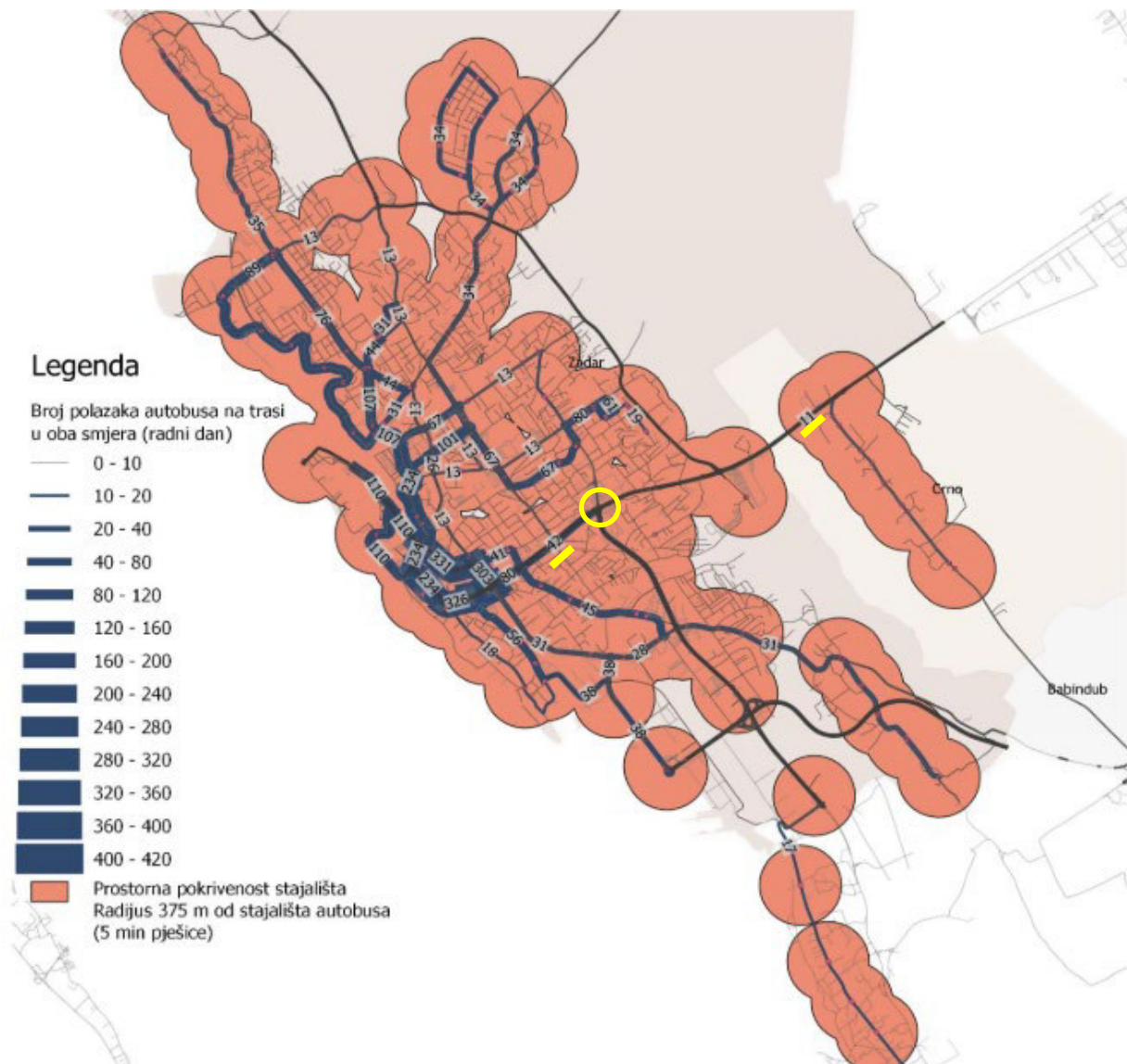
Slika 40. Mreža gradski autobusnih linija grada Zadra

Izvor: [27]

Kroz raskrižje Ulice Ante Starčevića, Ulice Bleiburških žrtava i državne ceste D8 prometuju 4 gradske i 8 prigradskih linija, a to su:

- Gradske linije:
 - 1B – Dračevac,
 - 4 – Crno,
 - 11A – Supernova,
 - 11B – Crvene kuće-Supernova.
- Prigradske linije:
 - 104 – Nin-Briševo-Zadar,
 - 113 – Nadin-Škabrnja-Zadar,
 - 116 – Polača-Zadar,
 - 124 – Visočane-Poličnik-Zadar,
 - 125 – Jasenice-Vinjerac-Zadar,
 - 127 – Posedarje-Zadar,
 - 134 – Radovin-Zadar,
 - 135 – Kruščica-Zadar [27].

Na dostupnim stranicama poslužitelja dani su na uvid vozni redovi svih linija, a njihovom daljnjom analizom se može odrediti broj prolazaka kroz predmetnog raskrižje. Prema tome, ukupan broj prolazaka gradskih autobusa u razdoblju jednog dana u oba smjer iznosi 69, a broj prolazaka prigradskih iznosi 72 od kojih manji broj linija bilježi prolasku kroz raskrižje za vrijeme trajanja vršnog sata. Ako analiziramo studiju održive mobilnosti grada Zadra izrađene 2021. godine gdje se navodi podatak o broju polazaka svih linija, a pri tom ako obratimo pozornosti na predmetno raskrižje, mogu se zaključiti određeni pomaci u razvoju javnog gradskog prijevoza putnika. Na slici 41 je prikazana ponuda autobusnog javnog gradskog prijevoza na području Grada Zadra.



Slika 41. Ponuda autobusnog javnog prijevoza na području Grada Zadra 2021. godine

Izvor: [12]

Na slici je označen broj polazaka gradskih linija u svim smjerovima te položaj predmetnog raskrižja koji predstavlja prolaznu točku. Kako bi se ustanovilo da su učinjeni određeni koraci u vidu razvoja javnog gradskog prijevoza putnika potrebno je usporediti analizirano postojeće stanje i stanje zatečeno 2021. godine. Ako se referenciramo na ukupan broj prolazaka kroz predmetno raskrižje u razdoblju jednog dana, može se reći da je broj prolazaka u 2024. godini veći, a samim time i kvalitetniji s aspekta pristupačnosti i dostupnosti povezivanja bitnih točaka u prometnoj mreži.

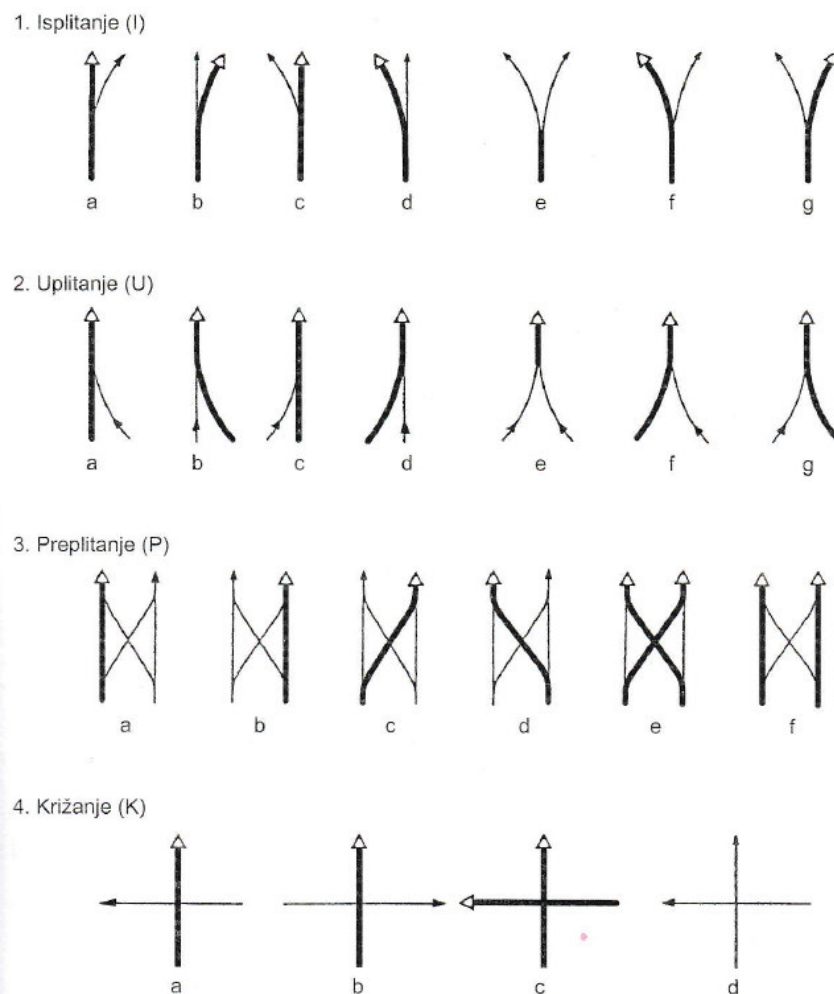
Kako bi se trend razvoja javnog gradskog prijevoza održao potrebno je svojevremeno učiniti određene promjene i zahvate na samoj cestovnoj i uličnoj mreži s naglaskom na biciklističku i pješačku infrastrukturu. Razlog tome je omogućavanje i poticanje multimodalnog prijevoza, odnosno odabira alternativnih modova prijevoza umjesto automobila gdje korisnik može kombinirati dva ili više modova prijevoza pri čemu se prednost daje biciklizmu, pješačenju i korištenju javnog gradskog prijevoza.

3.7. Analiza sigurnosti

Čvorovi su osnovne točke funkcioniranja čitavog sustava. Rješenje čvorova ovisno o značenju pojedinih cestovnih pravaca može biti izvedeno u razini ili u različitim razinama. S aspekta sigurnosti prometa prometne tokove treba planirati kako bi se što manje sukobljavali, odnosno prometno rješenje čvorišta bi se trebalo sačinjavati od što manje konfliktnih točaka [16].

Osnovne prometne radnje koje uzrokuju konfliktne situacije su:

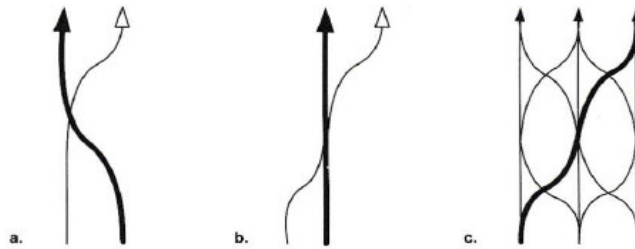
- isplitanje – dijeljenje prometnih tokova,
- uplitanje – sjedinjavanje prometnih tokova,
- preplitanje – međusobna izmjena prometnih trakova,
- križanje – međusobno presijecanje prometnih tokova.



Slika 42. Prometne radnje (deblje-glavni tok, tanje-sporedni tok)

Izvor: [17]

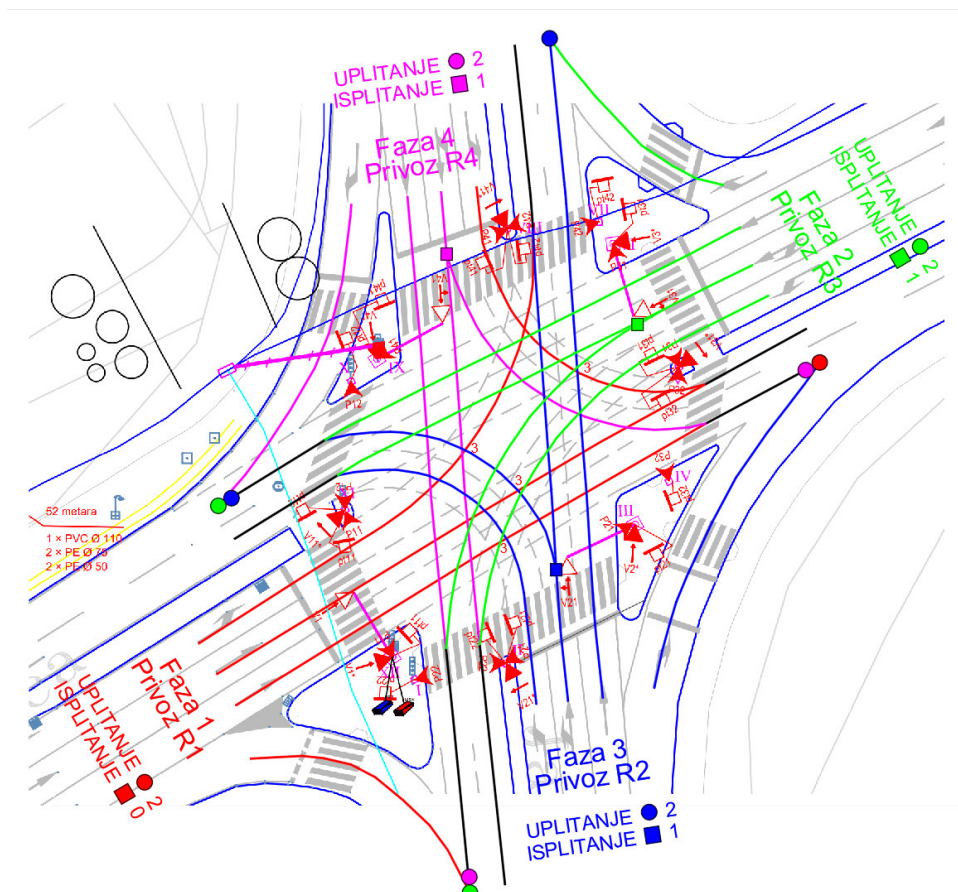
Na slici 42 su prikazani slučajevi koji uzrokuju konfliktne situacije u raskrižju ili pred samim raskrižjem. Međutim u zoni gradskih raskrižja s višetračnim kolnicima pojavljuju se specifični slučajevi naizmjeničnog uplitanja-isplitanja prikazanih na slici 43.



Slika 43. Posebni slučajevi prometne radnje preplitanja

Izvor: [17]

Zbroj svih konfliktnih točaka uzrokovane prethodno navedenim prometnim radnjama definiraju konfliktnu situaciju. Tip i oblik raskrižja u najvećoj mjeri utječu na ukupan zbroj konfliktnih točaka, a još ovise o geometrijskom oblikovanju, prometnom opterećenju i slobodnoj vidljivosti. Najveći broj konfliktnih točaka je sadržan u raskrižjima u razini, manji broj u križanjima izvan razine. Na slici 44 je prikazana shema predmetnog raskrižja i svih smjerova prometnih tokova koji se odvijaju u raskrižju sa označenim konfliktnim točkama [17].



Slika 44. Konfliktni točke na predmetnom raskrižju

Izvor: [autor]

Budući da je predmetno raskrižje semaforizirano četverokrako raskrižje s klinastim izvozima za desne skretače, a pri čemu se faze odvijaju odvojeno za svaki privoz, ukupan broj konfliktnih točaka na predmetnom raskrižju iznosi 11. Ukupan broj konfliktnih točaka nastalih radnjom uplitanja je 8 dok su 3 konfliktne točke nastale

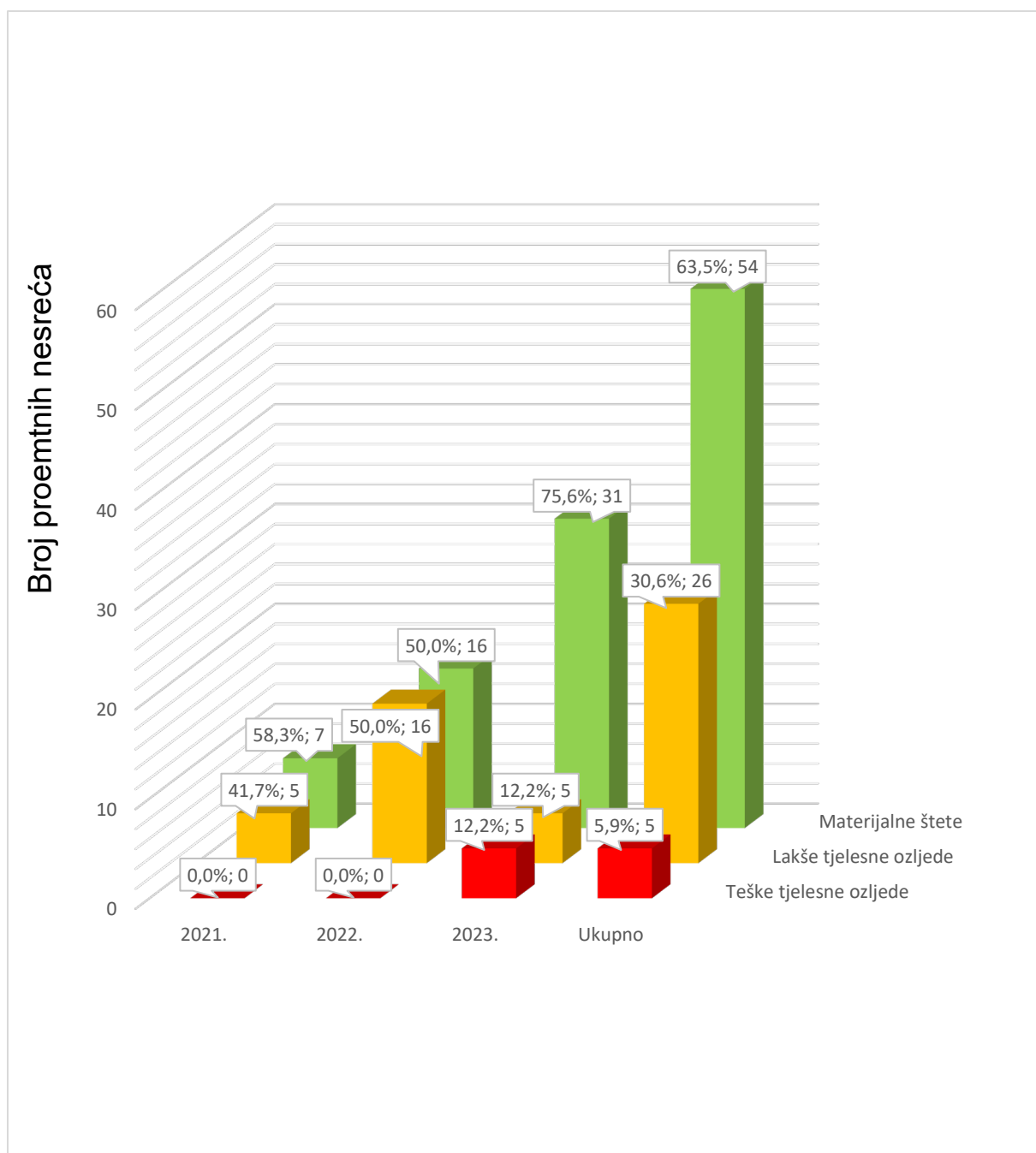
uzrokovane radnjom isplivanja. Glavni pokazatelj sigurnosti cestovnog prometa je broj nesreća i njihove posljedice. Za svrhu izrade diplomskog rada analizirane su prometne nesreće za posljednje 3 godine, odnosno u razdoblju od 2021. godine do 2023. godine za predmetno raskrižje. Analizirani podaci su ustupljeni od strane Ministarstva unutarnjih poslova – Postaja prometne policije Zadar.

VRSTE NASTANKA		GODINA			
		2021	2022	2023	Σ
SUDAR VOZILA U POKRETU	Iz suprotnih smjerova	0	0	10	10
	Bočni sudar	5	8	5	18
	Usporedna vožnja	0	3	13	16
	Vožnja u slijedu	11	2	13	26
	Vožnja unatrag	1	3	0	4
	Σ	16	13	41	74
NALET NA PJEŠAKA		0	1	10	11
S OZLIJEĐENIM OSOBAMA	LAKŠE OZLIJEDE	5	16	5	26
	TEŠKE OZLIJEDE	0	0	5	5
S MATERIJALNOM ŠETOM		7	16	31	54

Tablica 14. Podaci o prometnim nesrećama u razdoblju od 2021. do 2023. godine

Izvor: [28]

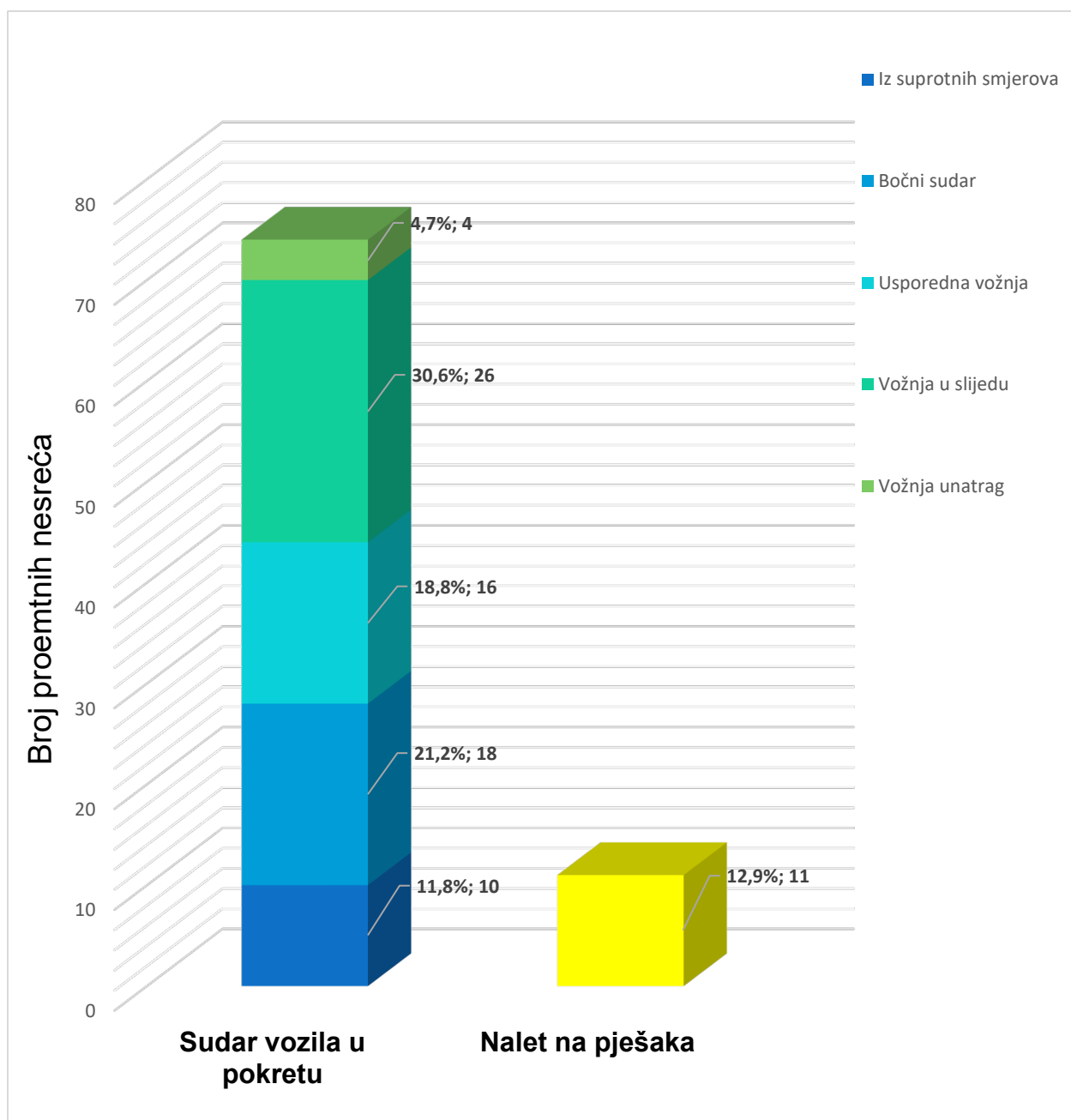
U tablici 28 su prikazane prometne nesreće raščlanjene prema vrsti nastanka te prema posljedicama ovisno o ozlijeđenim osobama ili nastanku same materijalne štete.



Grafikon 11. Prometne nesreće s obzirom na posljedice u razdoblju od 2021. do 2023. godine

Izvor: [28]

Kako bi se omogućio kvalitetniji uvid u analizirane podatke izrađen je grafikon 11. Podaci iz grafikona upućuju na povećanje broja prometnih nesreća tijekom analiziranog razdoblja. U razdoblju 2022. godine je zabilježeno porast broja prometnih nesreća u odnosu na 2021. godinu, pri čemu su zabilježene prometne nesreće s materijalnom štetom i s lakše ozlijeđenim osobama u približnom podjednakim udjelima. Ako promatramo 2023. godinu ponavlja se rast broja prometnih nesreća u odnosu na promatrano razdoblje od 2021. do 2022. godine.



Grafikon 12. Prometne nesreće s obzirom na vrstu nastanka u razdoblju od 2021. do 2023. godine

Izvor: [28]

Na grafikonu 12 su prikazani podaci prometnih nesreća za razdoblje od 2021. do 2023. godine s obzirom na način nastanka prometne nesreće. Prema tome se može razdvojiti dvije skupine prometnih nesreća čiji su nastanci zabilježeni na predmetnom raskrižju, a to su sudari vozila u pokretu i naleti na pješake. Naleti na pješake čine 12,9% udjela ukupnih prometnih nesreća dok sudari vozila u pokretu čine ukupno 87,1%. Među skupinom prometnih nesreća nastale sudarom vozila u pokretu zabilježen je najveći broj sudara u slijedu zatim slijede bočni sudari, sudari nastali usporednom vožnjom, frontalni sudari te sudari nastali vožnjom unatrag.

4. METODOLGIJA I PRORAČUNI PROMETNIH PARAMETARA RASKRIŽJA

U svrhu izrade diplomskog rada, odnosno izrade idejnog prometnog rješenja raskrižja Ulice Ante Starčevića, Ulice Bleiburških žrtava i državne ceste D8, bitno je odrediti metodologiju proračuna prometnih parametara koji su osnova za analiziranje raskrižja. Metodologija kojom se analiziraju prometni parametri postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja predmetnog raskrižja se temelji na priručniku "Highway capacity manual", a samim time i njegovi promatrani prometni parametri.

4.1. Metodologija primjene HCM-a

"Highway capacity manual (HCM)" je priručnik čija se primjena bilježi od 1950. godine. Njegova svrha se od samog početka temeljila na kvantificiranju kapaciteta i dizajniranju prometnica za prijevozna sredstva. U kasnijim izdanjima istoimenog priručnika se i dalje fokusiralo na dizajn, ali se isto tako razvio "Level of service (LoS)" koncept. Razvijanjem "LoS" koncepta se omogućilo kvalitativno karakteriziranje odvijanja prometnih tokova matematičkim izračunima prometnih parametara na autocestama, dionicama cesta, gradskim ulicama i raskrižjima. Pod kvalitativnim karakteriziranjem prometnih tokova se podrazumijeva određivanje razine usluge ovisno o operativnim uvjetima prometnog toka kao što su brzina, vrijeme putovanja, utjecaj drugog prometa, udobnost, sigurnost, sloboda manevriranja, udobnost i slično. Drugim riječima razina usluge predstavlja kvalitativnu mjeru opisivanja prometnog toka, a određuje se aproksimacijom matematičkih izračuna osnovnih prometnih parametara prometnog toka i propusne moći. Ovisno o kvaliteti odvijanja prometnih tokova na različitim prometnim objektima razina usluge može biti:

- Razina usluge A – kod nesemaforiziranih raskrižja vrijeme kašnjenja je relativno kratko, a većina vozila se ne zaustavlja na raskrižju. Na semaforiziranim raskrižjima većina vozila stiže uslijed zelenog svijetla.
- Razina usluge B – dolazi do kraćih zaustavljanja te su prouzročena manja kašnjenja u odnosu na uvjete usluge A razine.
- Razina usluge C – stvaraju se kraći repovi čekanja nastali uslijed nastajanja većeg volumena prometa i veće duljine ciklusa.
- Razina usluge D – karakteristično za uvjete kada omjer volumena prometnog opterećenja i propusne moći raskrižja teži izjednačavanju, a uz to su i duža vremena trajanja ciklusa. Posljedice su dulje vrijeme kašnjenja i duži repovi čekanja..
- Razina usluge E – karakteristike su kao kod razine usluge D, međutim omjer volumena prometnog opterećenja i propusne moći raskrižja je približno jednak ili jednak.
- Razina usluge F – uvjeti ekstremnih duljina vremena kašnjenja uzrokovano nepovoljnim omjerom volumena prometnog opterećenja i propusne moći raskrižja gdje volumen prometnog opterećenja prekoračuje propusnu moć [29].

4.2. Metodologija proračuna prometnih parametara za analizu raskrižja

Prekinuti prometni tok je karakterističan za prometne tokove koji se odvijaju na raskrižjima. Osnovni ulazni prometni parametri za analizu takvog toka su:

- protok,
- faktor vršnog sata,
- brzina prometnog toka,
- gustoća prometnog toka [30].

Isto tako su bitni parametri propusne moći raskrižja. Propusna moć predstavlja maksimalan broj vozila koja mogu proći kroz to raskrižje u promatranom vremenskom intervalu, a ulazne veličine koje se razmatraju su:

- nesemaforizirana raskrižja:
 - geometrija raskrižja,
 - prometni trakovi.
- semaforizirana raskrižja:
 - geometrijski uvjeti,
 - prometni uvjeti,
 - semaforizacija [15].

4.2.1. Proračun prometnih parametara semaforiziranih raskrižja

Kako bi se analizirala kvaliteta odvijanja prometnih tokova na semaforiziranim raskrižjima potrebno je odrediti kombinacije grupe trakova i grupe kretanja, propusnu moć i razinu usluge kretanja.

Sukladno navedenom, u prvom koraku je potrebno odrediti kombinacije grupe trakova i grupe kretanja. Prema tome su na slici 45 prikazane moguće kombinacije smjerova po traku, grupe kretanja i grupe trakova ovisno o broju trakova na privozu raskrižja.

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left:	MG 1:	LG 1:
	Thru. & right:	MG 2:	LG 2:
2	Left & thru.:	MG 1:	LG 1:
	Thru. & right:		LG 2:
3	Exclusive left:	MG 1:	LG 1:
	Through:		LG 2:
	Thru. & right:		LG 3:

Slika 45. Kombinacije smjerova po traku, grupe kretanja i grupe trakova ovisno o broju trakova

Izvor: [30]

Svakoj pojedinoj skupini je potrebno dodati pripadajuće prometno opterećenje prethodno prikupljenih i obrađenih podataka terenskog mjerenja, odnosno brojanja prometa za vrijeme vršnog sata. Budući da se unutar vršnog sata događaju različiti scenariji opterećenja po privozima i grupama trakova, potrebno je izračunati faktor vršnog sata prema izrazu (1):

$$PHF = \frac{n_{60}}{4n_{15}} \quad (1)$$

gdje je:

- PHF – faktor vršnog sata,
- n_{60} – broj vozila u promatranom vršnom satu (voz),
- n_{15} – broj vozila u najopterećenijem 15-minutnom intervalu promatranog vršnog sata (voz) [30].

Kako bi se u nastavku mogla izračunati propusna moć, potrebno je prethodno izračunati zasićeni tok za svaku grupu trakova, prema tome slijede izrazi (2 i 3):

- zasićen tok:

$$s = s_0 * N * \frac{1}{1 + P_{HV} * (E_T - 1)} \quad (2)$$

gdje je:

- s – zasićen tok grupe trakova (voz/h),
- s_0 – bazna vrijednost zasićenog toka ($s_0 = 1900$) (voz/h),
- N – broj trakova,
- P_{HV} – postotak teških teretnih vozila,
- E_T – ekvivalentna jedinica za teška teretna vozila ($E_T = 2$).
 - propusna moć:

$$c = N * s * \frac{g_e}{C} \quad (3)$$

gdje je:

- c – propusna moć grupe trakova (voz/h),
- s – zasićeni tok grupe trakova (voz/h),
- N – broj trakova,
- g_e – efektivno trajanje zelenog svijetla za grupu trakova (s),
- C – trajanje ciklusa (s) [31].

S pomoću zasićenja toka i propusne moći moguće je izračunati stupanj zasićenja grupe trakova prema izrazu (4):

$$X = \frac{s}{c} \quad (4)$$

gdje je:

- X – stupanj zasićenja grupe trakova,
- c – propusna moć grupe trakova (voz/h),
- s – zasićeni tok grupe trakova (voz/h),

Metodologijom prema HCM-u, razina usluge na pojedinim privozima pa tako i na cijelom raskrižju se određuje na temelju vremena kašnjenja. Vrijeme kašnjenja na semaforiziranim raskrižjima predstavlja vrijeme koje protekne od trenutka kad se vozilo zaustavi iza posljednjeg vozila u repu čekanja pa do njegovog prolaska kroz zaustavnu liniju. Vrijeme kašnjenja čine:

- prosječno uniformno kašnjenje prema izrazu (5):

$$d_1 = \frac{0,5c(1-\frac{g}{c})^2}{1-[\min(1,x)\frac{g}{c}]} \quad (5)$$

gdje je:

- C – trajanje ciklusa (s),
- g – trajanje zelenog svjetla za grupu trakova (s),
- x – stupanj zasićenja grupe trakova.
 - prosječno povećano kašnjenje prema izrazu (6):

$$d_2 = 900T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8klx}{cT}} \right] \quad (6)$$

gdje je:

- T – promatrani period (0,25 za 15-minutni interval),
- x –zasićeni tok grupe trakova (voz/h),
- c – propusna moć grupe trakova (voz/h),
- k – faktor prilagodbe za način upravljanja raskrižjem (0,5 za fiksni ustaljeni tip)
- l – faktor prilagodbe za utjecaj susjednih raskrižja (1 za izolirana raskrižja)
 - dodatno kašnjenje prema izrazu (7):

$$d_3 = \frac{3600}{PHFT} \left[t + \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2c} - \frac{Q_b^2}{2c} \right] \quad (7)$$

gdje je:

- PHF – faktor vršnog sata,
- c – propusna moć grupe trakova (voz/h),
- T – promatrani period (0,25 za 15-minutni interval) (h),
- t – trajanje nezadovoljavajućeg odvijanja prometnih tokova ($t < T$) (h),
- Q_b – duljina repa čekanja na početku promatranog perioda (voz),
- Q_e – rep čekanja na kraju analiziranog perioda (voz),
- Q_{eo} – rep čekanja na kraju analiziranog perioda kada je opterećenje veće od kapaciteta ili kada je $Q_b = 0$ (voz).

Nakon izračuna prethodno navedenih vremena, moguće je izračunati prosječno vrijeme kašnjenja svih vozila na promatranom raskrižju unutar promatranog perioda prema izrazu (8):

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (8)$$

gdje je:

- d – prosječno vrijeme kašnjenja (s/voz),
- d_1 – prosječno uniformno kašnjenje (s/voz),
- d_2 – prosječno povećano kašnjenje (s/voz),
- d_3 – vrijeme dodatnog kašnjenja (s/voz) [30].

U tablici 15 su prikazane razine usluge za semaforizirano ovisno o prosječnom zakašnjenju vozila, pri čemu je moguće odrediti razinu usluge za pojedinu grupu trakova, pojedini privoz te cjelokupno raskrižje.

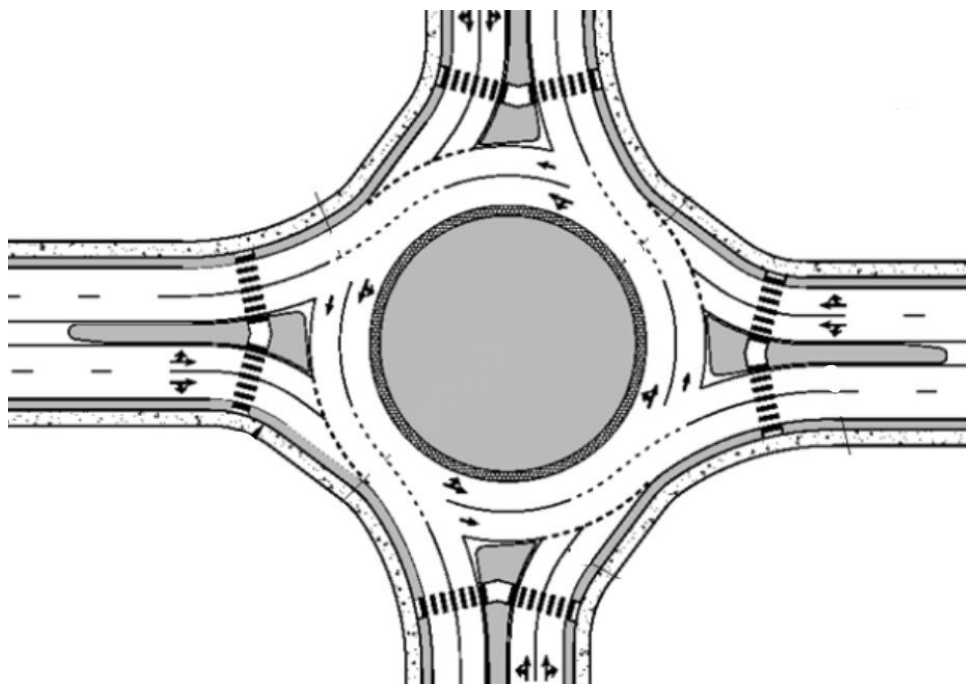
RAZINA USLUGE	PROSJEČNO ZAKAŠNJENJE [s/voz]
A	≤ 10
B	$>10-20$
C	$>20-35$
D	$>35-55$
E	$>55-80$
F	>80

Tablica 15. Razina usluge za semaforizirana raskrižja

Izvor: [30]

4.2.2. Proračun prometnih parametara raskrižja s kružnim tokom prometa

Za proračun prometnih parametara i određivanje razine usluge na raskrižjima s kružnim tokom prometa također su nam potrebni ulazni podaci prometnog opterećenja i broja ulaznih traka. S pomoću njih je moguće izračunati potrebne prometne parametre kao što su faktor vršnog sata, parametre koji utječu na propusnu moć ulaznog dijela raskrižja te na kraju duljinu repa čekanja i prosječno vrijeme kašnjenja. U ovom slučaju će biti analizirana metodologija proračuna prometnih parametara prema HCM-u za raskrižje s dvotračnim kružnim tokom prometa s dvije ulazne trake prikazanog na slici 46.



Slika 46. raskrižje s dvotračnim kružnim tokom prometa sa dvije ulazne prometne trake

Izvor: [30]

Za ovakav tip raskrižja se u prvom koraku se računaju pretvorbe jedinica volumena (voz/h u EJA/h) s prilagodbom za teška teretna vozila prema izrazu (9):

$$f_{x,HV} = \frac{1}{1 + p_{HVx} * (E_T - 1)}$$

gdje je:

- $f_{x,HV}$ – faktor prilagodbe teških teretnih vozila za manevar x,
- p_{HVx} – postotak teških teretnih vozila manevra x,
- E_T – ekvivalentna jedinica za teška teretna vozila ($E_T = 2$).

U nastavku je nakon pretvorbe jedinica volumena moguće računati propusnu moć ulaznih trakova u konfliktu s kružnim trakovima u raskrižju, prema tome slijedi(10):

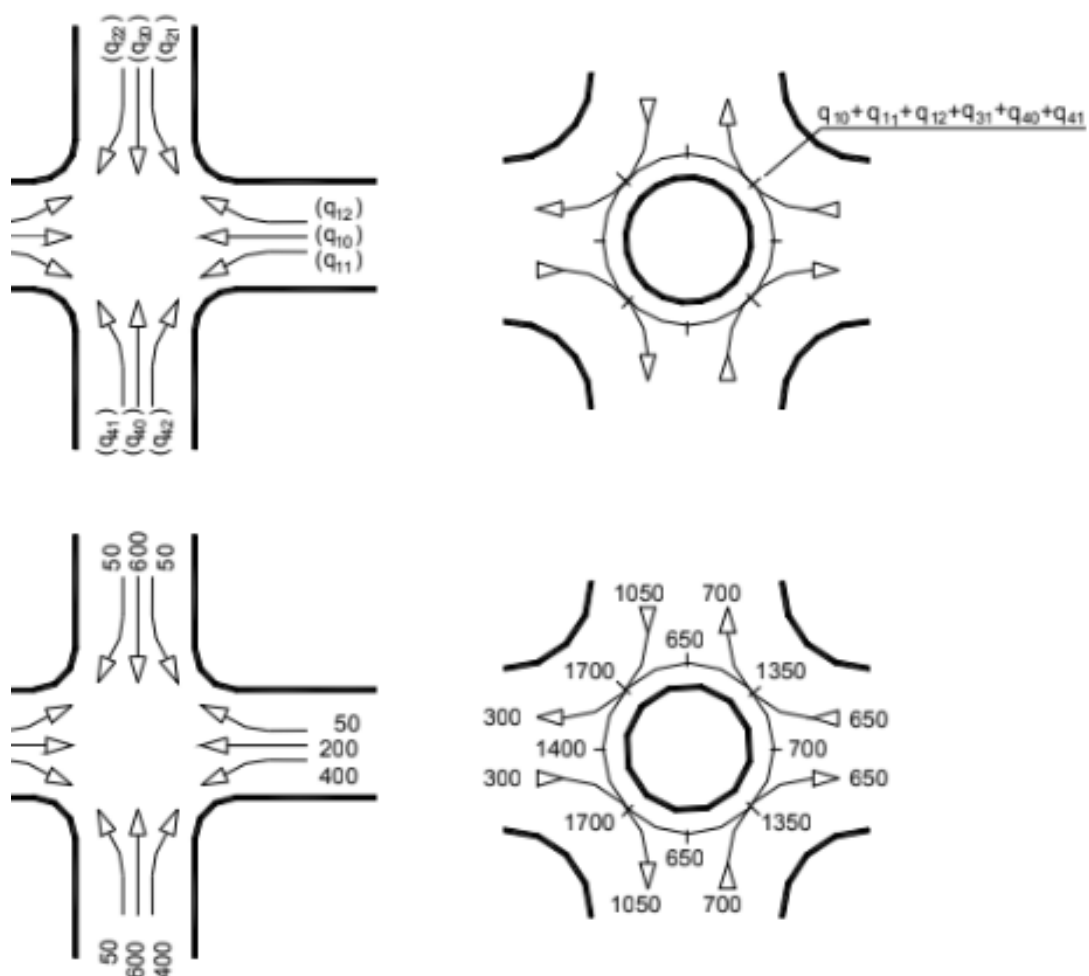
$$C_{e,R,pce} = 1,130 * e^{(-0.7*10^{-3})*v_{c,pce}}, C_{e,L,pce} = 1,130 * e^{(-0.7*10^{-3})*v_{c,pce}} \quad (10)$$

gdje je:

- $C_{e,R,pce}$ – propusna moć desne ulazne prometne trake (EJA/h),
- $C_{e,L,pce}$ – propusna moć lijeve ulazne prometne trake (EJA/h),
- $v_{c,pce}$ – prometno opterećenje u kružnim konfliktnim prometnim trakama (EJA/h) [30].

Faktor vršnog sata je moguće izračunati s pomoću formule (1) korištene za proračun faktora vršnog sata semaforiziranog raskrižja. Međutim prije toga je potrebno izračunati protok, odnosno prometno opterećenje na kružnim trakovima unutar kružnog toka između pojedinih privoza. Navedeno prometno opterećenje je moguće

izračunati konverzijom ulaznih podataka o prometnom opterećenju prikupljenih brojanjem prometa, a primjer takve konverzije je prikazan na slici 47.



Slika 47. Konverzija prometnog opterećenja četverokrakog raskrižja u kružno raskrižje

Izvor: [31]

Pješački promet također utječe na propusnu moć ulaznog dijela raskrižja dok prolaze kroz praznine između vozila, što tada ima minimalan utjecaj na propusnu moć ulaznog dijela raskrižja, ali i dalje se promatraju kao dodatan konfliktni tok. Iz tog razloga je potrebno izračunati faktor utjecaja pješaka, u ovom slučaju za utjecaj prelaska preko dvije ulazne prometne trake, pri tom vrijede izrazi:

- za slučaj $n_{ped} < 100$ (11):

$$f_{ped} = \min \left[1 - \frac{n_{ped}}{100} \left(1 - \frac{1.260,6 - 0,329V_{c,pce} - 0,381 \cdot 100}{1.380 - 0,5V_{c,pce}} \right), 1 \right] \quad (11)$$

- za slučaj ostale slučajeve (12):

$$f_{ped} = \min \left[\left(1 - \frac{1.260,6 - 0,329V_{c,pce} - 0,381n_{ped}}{1.380 - 0,5V_{c,pce}} \right), 1 \right] \quad (12)$$

gdje je:

- f_{ped} – faktor utjecaja pješaka,
- n_{ped} – protok pješaka (pj/h),
- $V_{c,pce}$ – prometno opterećenje u kružnim konfliktnim prometnim trakama (EJA/h) [30].

Nakon izračuna faktora utjecaja pješaka i teških teretnih vozila na propusnu moć moguće je izračunati realnu propusnu moć ulaza prema izrazu (13):

$$C_x = C_{x,pce} * f_{x,HV} * f_{ped} \quad (13)$$

gdje je:

- C_x – realna propusna moć prometnog traka x (voz/h),
- $C_{x,pce}$ – propusna moć za prometnu traku (EJA/h),
- $f_{x,HV}$ – faktor prilagodbe teških teretnih vozila za manevar x,
- f_{ped} – faktor utjecaja pješaka [30].

S pomoću prethodno izračunatih prometnih parametara i faktora zasićenosti prometnog toka moguće je izračunati duljinu repa čekanja i vrijeme kašnjenja. Faktor zasićenosti moguće je izračunati s pomoću izraza (4) koji jednako vrijedi i za semaforizirana raskrižja. Za izračun duljine repa čekanja vrijedi izraz (14):

$$Q_{95_x} \approx 900T \left[x - 1 + \sqrt{(1 - x)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3600} \right) \quad (14)$$

gdje je:

- Q_{95_x} – 95%-tni rep čekanja privoza x (voz),
- x – stupanj zasićenja pojedinog prometnog toka,
- C_x – realni kapacitet privoza x (voz/h),
- T – promatrani period (h) (0,25 za 15-minutni interval) [30].

Prosječno vrijeme kašnjenja je indikator za procjenu razine usluge na ovom tipu raskrižja isto kao kod semaforiziranog raskrižja, ali razlika je u izračunu vremena kašnjenja svakog prometnog traka koji kod raskrižja s kružnim tokom prometa vrijedi prema izrazu (15):

$$d = \frac{3600}{c} + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 \quad [s] \quad (15)$$

gdje je:

- d – prosječno vrijeme kašnjenja pojedinog prometnog traka (s/voz),
- x – stupanj zasićenja pojedinog prometnog toka,
- C_x – realni kapacitet privoza x (voz/h),
- T – promatrani period (0,25 za 15-minutni interval) [21].

Međutim, kako bi se u nastavku mogla odrediti razina usluge raskrižja potrebno je odrediti vrijeme kašnjenja po privozima, a to je moguće s pomoću izraza (16):

$$d_A = \frac{d_r \cdot V_r + d_t \cdot V_t + d_l \cdot V_l}{V_r + V_t + V_l} \quad [s] \quad (16)$$

gdje je:

- d_A – vrijeme kašnjenja po privozu (s/voz),
- d_r, d_t, d_l – proračunato vrijeme kašnjenja za ravno, desno i lijevo skretanje (s),
- V_r, V_t, V_l – prometno opterećenje za prometne tokove koji se kreću u smjeru prema ravno i prometne tokove lijevih i desnih skretača (voz/h).

U tablici 16 su prikazane razine usluge za raskrižje s kružnim tokom prometa ovisno o prosječnom zakašnjenju vozila.

RAZINA USLUGE	PROSJEČNO ZAKAŠNJENJE [s/voz]
A	0-10
B	>10-15
C	>15-25
D	>25-35
E	>35-50
F	>50

Tablica 16. Razina usluge sa raskrižja s kružnim tokom prometa

Izvor: [30]

5. PRIJEDLOG RJEŠENJA

Prijedlozi idejnih rješenja obuhvaćaju skup djelovanja na segment prometnog sustava raznim organizacijskim i regulacijskim mjerama, promjenama u prometnoj politici te građevinskim zahvatima u prostoru čijom se provedbom otklanjaju nedostaci i poboljšava stanje postojećeg prometnog sustava. Osim prema cilju djelovanja prijedloge se može podijeliti s obzirom na razdoblje za koje se predlaže, a mogu biti : trenutačna, kratkoročna, srednjoročna, dugoročna. Detaljnom analizom postojećeg stanja identificiraju se problemi u prometnim tokovima unutar uže zone obuhvata. Na temelju zaključaka iz analize i prognoze buduće količine prometa i prostornih značajki lokacije, predlažu se prometna rješenja usklađena s najnovijim znanstvenim i stručnim dostignućima u tehnologiji prometa i transporta [6].

U svrhu ovog diplomskog rada izrađena su dva kratkoročna prijedloga idejnih prometnih rješenja s predloženim regulacijskim mjerama te građevinskim zahvatima. Jedan od analiziranih i izrađenih idejnih prijedloga je promjena sustava za upravljanje prometom na postojećem četverokrakom raskrižju i građevinskih zahvata izrade pothodnika, biciklističkih i pješačkih staza u svrhu širenja već postojeće biciklističke i pješačke infrastrukture. Drugi analiziran i izrađen prijedlog je izgradnja velikog kružnog raskrižja s spiralnim tokom kružnog kolnika za koji je također predloženo proširenje biciklističke i pješačke infrastrukture te izgradnje pothodnika.

5.1. Prijedlog rješenja 1 – semaforizirano četverokrako raskrižje u razini

Kao prvo rješenje se predlaže mjera promjene strategije upravljanja prometom i rekonstrukcija postojećeg raskrižja izvedbom građevinskih zahvata u svrhu izgradnje pothodnika kako bi se pješački i biciklistički tokovi odvijali fizički odvojeno od prometnih tokova motornog prometa. Takvim zahvatom se omogućuje proširenje i uređenje već postojeće biciklističke i pješačke infrastrukture, pri čemu se također postiže i dodatna razina sigurnosti. Fizičkim odvajanjem tokova motoriziranog i nemotoriziranog prometa dobiva se dodatan i pojednostavljen vremenski prostor prilikom organizacije signalnih planova, odnosno olakšava se razvijanje i odabir strategija za upravljanje motoriziranim prometom na raskrižju. Sukladno tome predlaže se promjena strategije upravljanja prometom odnosno primjena adaptivnog sustava za upravljanje prometom.

Adaptivni sustavi za upravljanje prometom prilagođava signalne planove na temelju trenutne prometne situacije, prometnih zahtjeva i kapaciteta prometne mreže. Kako bi se signalni plan prilagodio prethodno navedenim ulaznim podacima koriste se algoritmi. S pomoću algoritama prilagođavaju se omjer trajanja zelenog svijetla u odnosu na ciklus, vremenski pomak, trajanje i redoslijed faza. Ovakvi sustavi mogu zadovoljiti potrebu za upravljanje pri velikim dnevnim varijacijama [32].

Osim navedene promjene strategije za upravljanje prometom i građevinskih zahvata, također su otklonjeni nedostaci neusklađenosti vertikalne i horizontalne

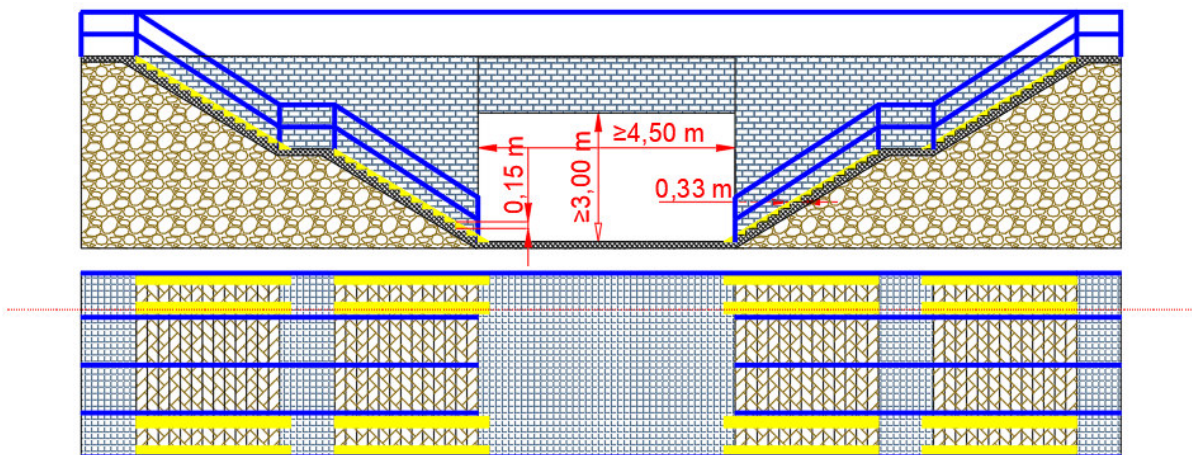
signalizacije, a prema novoj situaciji su dodani novi prometni znakovi koji upućuju na novonastalu situaciju u regulaciji i vođenju prometnih tokova.

Sukladno navedenom, u ovom prijedlogu rješenja su na svim privozima izrađene biciklističko-pješačke staze fizički odvojene zelenim pojasevima. Zeleni pojasevi su postavljeni na segmentima gdje ne narušavaju preglednost sudionika motornog prometa kako bi mogli identificirati prisutnost pješaka, a takva mjesta su neposredno u blizini pješačkih prijelaza te su na takvim mjestima postavljene pješačke ograde.

Na privozima Ulice Bleiburških žrtava, D8 – jug i D8 – istok su promijenjeni načini vođenja tokova u samom raskrižju. S obzirom na analizu prometnih tokova može se zaključiti kako su na svim privozima najdominantniji tokovi sa smjerom kretanja prema ravno, stoga su kombinirani trakovi prenamijenjeni u trakove za ravno. Bitno je istaknuti kako je ova mjera poduzeta iz razloga primjene adaptivnog sustava za upravljanje, odnosno kako bi se omogućile izmjene zelenih faza s pomoću prometnih svjetala ovisno o potrebi za propuštanjem određene skupine vozila na pojedinim privozima.

Budući da su građevinski zahvati napravljeni isključivo u svrhu izrade pothodnika, proširenja i uređenja pješačko-biciklističke staze, prometni trakovi zadržavaju prvobitne dimenzije koje iznose 3,25 m, širina biciklističke staze iznosi 1 m, a širina pješačke staze iznosi 2 m.

Dimenzije pothodnika variraju ovisno o položaju i mjestu postavljanja, a opremljeni su stubama te rampama za bicikliste i osobe sa smanjenom pokretljivošću. Tlocrt i presjek stuba jednog od primjera takvog pothodnika je prikazan na slici 48.



Slika 48. Tlocrt i presjek stuba pothodnika

Izvor: [autor]

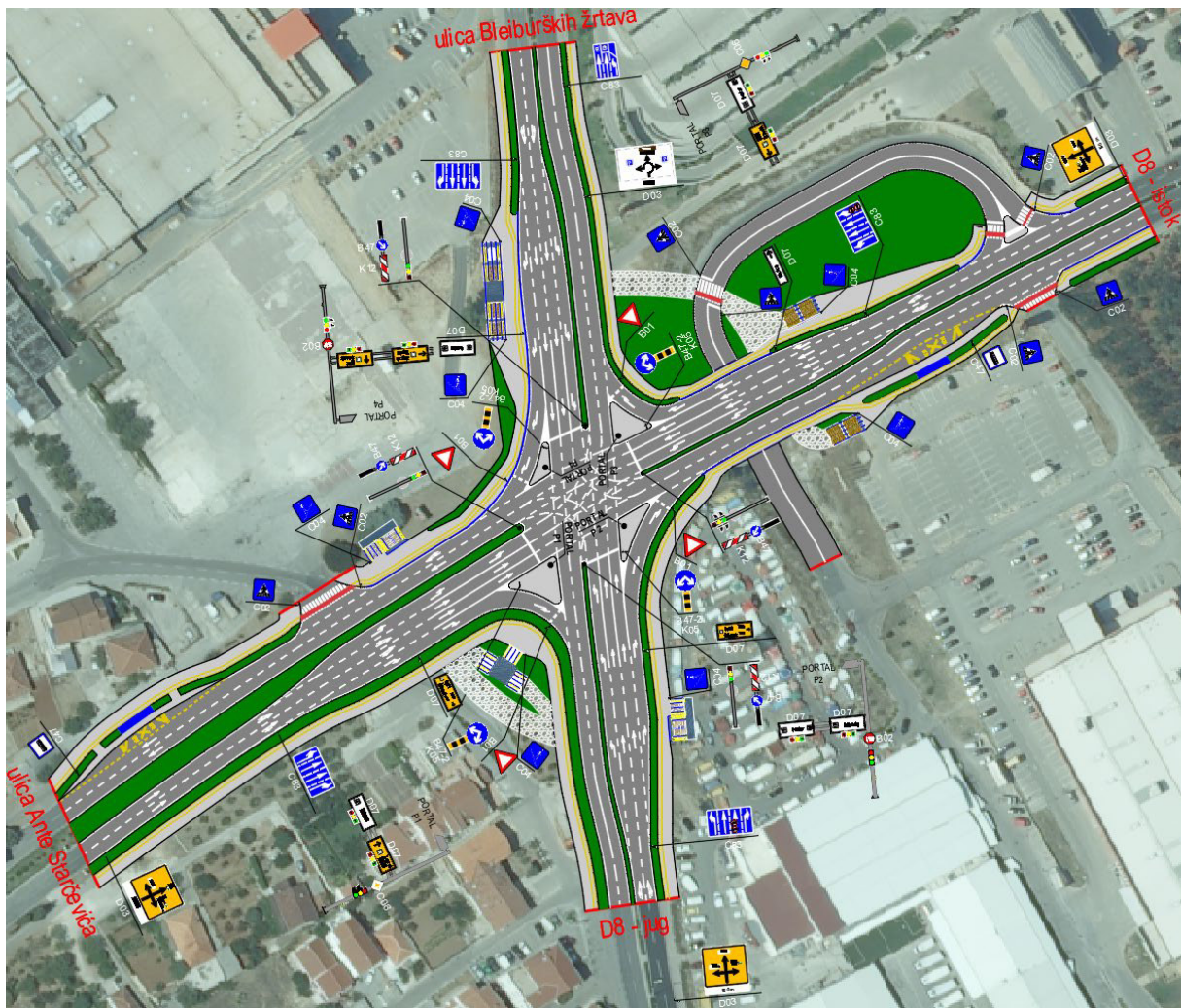
Visina i širina stube su propisane pravilnikom o osiguranja pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjenom pokretljivošću.

Kako bi pothodnici bili ugodni za korištenje potrebno ih je kvalitetno osvijetliti dnevnim svjetlom, a gdje to nije moguće potrebno je osvijetliti rasvjetnim svjetlima. Isto tako je potrebno osigurati kvalitetu zraka i smanjiti utjecaj buke i vibracije motornog prometa. Prilikom dizajniranja zidova treba obratiti pozornost na boje i teksture. Prema

australskim standardima se preporučuje visina pothodnika od 3 m i više, a širina za odvojeno kretanje biciklista i pješaka 4,5 m i više [34].

Prethodno navedenim mjerama je cilj postići veći stupanj sigurnosti u odvijanju prometnih tokova, maksimizirati iskorištenost postojećih kapaciteta prometnih površina za odvijanje motornog prometa, na održiv način upravljati i razvijati prometni sustav, unaprijediti kvalitetu života stanovništva te uskladiti potrebe za promjene u prometnom sustavu s urbanističkim izgledom grada.

Prijedlog rješenja je izrađen s pomoću programskog alata AutoCAD. Sve promijene u načinu regulacije, izvedbi vertikalne i horizontalne signalizacije te građevinskih zahvata su vidljive na slici 49.



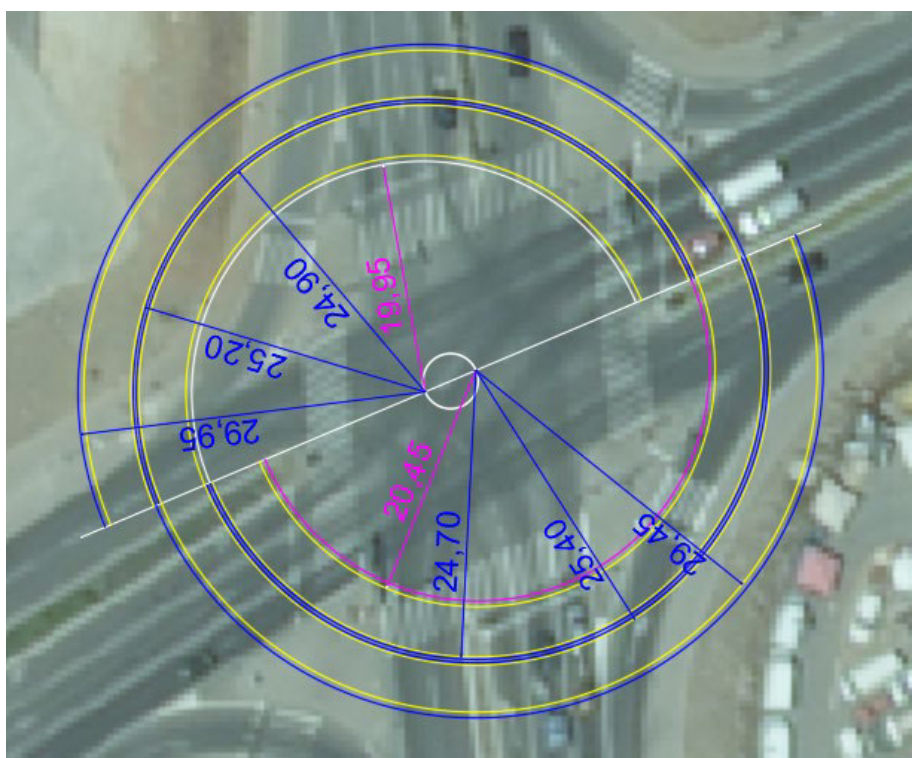
Slika 49. Prijedlog rješenja 1 – semaforizirano četverokrako raskrižje u razini
Izvor: [autor]

5.2. Prijedlog rješenja 2 – kružno raskrižje s spiralnim tokom kružnog kolnika

Budući da je intenzitet prometa na svim privozima značajan kao drugi prijedlog rješenja predložena je rekonstrukcija postojećeg semaforiziranog četverokrakog raskrižja u kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika.

Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika još se naziva turbo kružno raskrižje. Takvo raskrižje je kanalizirano i može biti dvotračno ili trotračno, a karakteristično je za mjesta gdje se križaju tri ili četiri priključne uobičajeno s dvotračnim ulazima i dvotračnim ili jednotračnim izlazima. Osnovne geometrijske značajke turbo kružnog raskrižja su:

- turbo blok,
- polumjeri turbo kružnog raskrižja,
- središnji otok,
- središnji razdjelni otok,
- razdjelni otoci na ulazima/izlazima,
- delineatori i špice [33].



Slika 50. Turbo blok

Izvor: [autor]

Na slici 50 je prikazan turbo blok predmetnog raskrižja. Turbo blok je skup svih potrebnih polumjera koje je potrebno primijeniti ovisno o odabiru tipa i veličine turbo kružnog raskrižja, a zatim ih zarotirati čime se dobivaju trajektoriji kretanja odnosno vozni trakovi. Dimenzije polumjera turbo kružnog raskrižja u ovisnosti o njegovoj veličini su prikazane su u tablici 17.

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)

Tablica 17. Vrijednosti polumjera za konstruiranje turbo bloka ovisno o odabranoj veličini
Izvor[33]

Polumjeri prikazani u tablici 17 čine projektno tehničke elemente i tlocrtnu signalizaciju. S obzirom na to da izračunati PGDP iznosi 42940 voz/dan za predmetno raskrižje je bilo potrebno odabrati veliko dvotračno kružno raskrižje čija propusna moć iznosi ≥ 25000 voz/dan, a samim time i polumjere [15].

Središnji dio turbo kružnog raskrižja se sastoji od središnjeg otoka (zelene površine) i uvjetno povoznog dijela, dva kružna prometna traka, 4 delineatora i 4 špice. Radijus središnjeg otoka iznosi 19,95 m, a širina uvjetno povoznog dijela iznosi 2 m. Radijusi polumjera koji odvajaju prometne trakove iznose 24,90 i 25,20 m. Vanjski polumjer koji čini vanjski rub turbo kružnog raskrižja iznosi 29,95 m. Unutarnji kružni prometni trak se izvodi u širini 4,95 m pri čemu je širina između rubnih crta 4,25 m. Vanjski prometni trak se izvodi širini 4,75 dok je širina između rubnih crta 4,05 m. Kako bi se fizički onemogućilo preostrojanje vozila unutar kružnog raskrižja postavljaju se delineatori. Delineatori se izvode kao betonski montažni elementi čija širina iznosi 0.3 m te su uzdignuti od razine kolnika za 5-7 cm. Početak delineatora na otvaranjima unutarnjeg prometnog traka se uređuje špicama.

Svi privozi na raskrižju se sastoje od dva ulazna traka širine 3,5 m. Na izlazima privoza R1 i R3 su po dva izlazna traka dok su na izlazima privoza R2 i R3 po jedan izlazni trak iz kružnog raskrižja. U oba slučaja izlazni trakovi su 5,5 m širine. Kako bi se omogućilo lakše i efikasnije uključivanje vozila iz privoza R3 i R1 u kružno raskrižje izrađeni su dodatni bočni trakovi za skretanje u desno. Dodavanjem bočnih trakova se smanjuje okupiranost ulaza u kružno raskrižje pri čemu se iskorištavanje vremenskih i prostornih praznina između vozila koja se kreću unutar kružnog raskrižja pridodaje vozilima čije je manevar zadržavanje smjera kretanja prema ravno ili manevar skretanja u lijevo. Izlazi iz bočnih trakova za skretanje u desno se ne zatvaraju, već nastavljaju te privozi R2 i R4. Iz tog razloga privozi R2 i R3 zadržavaju sastav od dvije kolničke trake s odvojenim suprotnim smjerovima kretanja pomoću razdjelnog pojasa, a svaka kolnička traka se sastoji od dvije prometne trake širine 3,25 m. Radijusi ulaza za unutarnji trak u kružnom raskrižju iznosi 18 m dok radijus za vanjski trak kružnog raskrižja iznosi 12 m.

Pješačke i biciklističke staze su izvedene na svim privozima. Širina biciklističke staze iznosi 1 m dok su staze za pješake su izvedene u širini od 2 metra. Staze su fizički odvojene od površina za prometovanje motornih vozila pomoću razdjelnih pojaseva osim na mjestima gdje se nalaze pješački prijelazi odnosno na raskrižjima u blizini predmetnog raskrižja. Na takvim mjestima su postavljene pješačke ograde kako ne bi došlo do pretrčavanja ili pada na površinu namijenjene za odvijanje motornog prometa. Prolazak za sudionike nemotoriziranog kroz raskrižje je također osiguran pothodnicima kao što je to izvedeno u prijedlogu rješenja 1.

Prometni znakovi i oznake na kolniku su dimenzionirani i pozicionirani sukladno smjernicama za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama objavljen od strane Hrvatskih cesta d.o.o. i pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti.

Prijedlog rješenja je izrađen s pomoću programskog alata AutoCAD, a prikazan je na slici 51.



Slika 51. Prijedlog rješenja 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika

Izvor[autor]

Razlog odabira prijedloga rješenja dvotračnog turbo kružnog toka su:

- veći stupanj sigurnosti prometa (manji broj konfliktnih točaka u odnosu na četverokrako raskrižje i klasično dvotračno kružno raskrižje),
- manji troškovi održavanja i manja okupiranost zemljišta,
- manje čekanje na privozima (kontinuitet vožnje i mogućnost propuštanja dominantnijih tokova),
- potencijalno dobro rješenje za slučaj raskrižja s četiri i više privoza,
- udio lijevih skretača u ukupnom prometnom opterećenju iznosi manje od 30%,
- kohezivnost s građevinskim zahvatima u svrhu unaprjeđenja biciklističke i pješačke infrastrukture [15].

6. SIMULACIJA I EVALUACIJA REZULTATA

U sklopu ovog diplomskog rada, simulacija i evaluacija pojedinih rješenja provest će se korištenjem računalnog simulacijskog alata PTV Vissim. PTV Vissim je mikroskopski simulacijski alat koji se koristi za modeliranje gradske prometne mreže te simulaciju kretanja pojedinih prometnih entiteta unutar nje. Provođenje simulacija prije implementacije u stvarni sustav nužno je za provjeru funkcionalnosti predloženih rješenja.

Podaci korišteni za uspješnu izradu simulacije uključuju kartografske podloge, prometna opterećenja i njihove distribucije s obzirom na smjer kretanja, strukturu prometnih tokova te način upravljanja prometnim tokovima na raskrižju. Podaci o prometnom opterećenju i strukturi prometnog toka koji se unose za postojeće stanje te za prijedlog rješenja prikupljeni su s pomoću analize postojećeg stanja na dan 2.10.2024. godine.

Rezultate simulacije postojećeg stanja i predloženih rješenja moguće je evaluirati iz različitih aspekata, a u ovom diplomskom evaluacija je izrađena na temelju razine usluge koja se određuje prema HCM metodologiji. Ključan podatak koji nam pruža uvid u kvalitetu odvijanja prometnih tokova u izrađenoj simulaciji je razina usluge (Level of Service – LoS). Razina usluge se određuje na temelju prometnih parametara, a neki od njih su:

- prosječna duljina repa čekanja,
- najveća duljina repa čekanja,
- prosječno vrijeme kašnjenja,
- emisija štetnih ispušnih plinova,,
- potrošnja goriva.

Kako bi se utvrdila vjerodostojnost izrađenih simulacijskih modela korištena je GEH statistika. Provjera validnosti modela je provedena pomoću formule (17):

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

gdje je:

- c – stvarni protok vozila unesen u model (voz/h),
- m – ostvaren protok vozila u simulacijskom modelu (voz/h) ,

Validnost podataka se utvrđuje nakon provedene simulacije, a rezultat izračunatog GEH-a rangira prihvatljivost modela prema izrazima:

- ako je $GEH < 3$, model je prihvatljiv,
- ako je $GEH \in [3,5]$, model je prihvatljiv za lokalne cestovne objekte,
- ako je $GEH > 5$, model nije prihvatljiv [35].

6.1. Evaluacija rezultata postojećeg stanja

Prema postojećem stanju izrađen je simulacijski model semaforiziranog četverokrakog raskrižja Ulica Ante Starčevića, Bleiburških žrtava i državne ceste D8. Budući da se na raskrižju upravlja s pomoću prometnih svjetala, primijenjen je fiksni signalni plan prema postojećem stanju prikazan na slici 30. Ulazni podaci o prometnom opterećenju, distribuciji i strukturi prometnog toka su uneseni na temelju prikupljenih podataka u svrhu analize prometnih tokova za zimsko razdoblje odnosno za datum 2.10.2023. godine.

Na slici 52 je prikazan simulacijski model postojećeg stanja izrađen s pomoću računalnog programa PTV Vissim-a.



Slika 52. Simulacijski model postojećeg stanja

Izvor: [autor]

U tablici 18 su prikazani rezultati GEH statistike za postojeće stanje na temelju unesenih podataka o stvarnom prometnom opterećenju i rezultata o prometnog opterećenja dobivenih simulacijom.

SMJER	STVARNO OPTEREĆEN JE (voz/h)	OPTEREĆENJE U SIMULACIJI (voz/h)	GEH
R1-R2	218	220	0,10
R1-R3	554	533	0,88
R1-R4	136	144	0,67
R2-R3	415	418	0,16
R2-R4	176	184	0,56
R2-R4/R1	192	173	1,44
R2-R1	182	172	0,76
R3-R4	375	377	0,12
R3-R1	477	465	0,55
R3-R1/R2	463	437	1,21
R3-R2	472	452	0,92
R4-R1	127	129	0,14
R4-R2	160	168	0,66
R4-R2/R3	165	151	1,10
R4-R3	182	169	0,98

Tablica 18. GEH statistika modela postojećeg stanja
Izvor: [autor]

S obzirom na to da izračunati GEH na svim smjerovima iznosi manje od 3, validnost simulacijskog modela je prihvatljiva. U tablici 19 su prikazani podaci evaluacije rezultata simulacijskog modela postojećeg stanja.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH DELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	0.21	19.23	218	LOS_A	2.68	108.939	21.195	25.248	1.558
Avarage	900-4500	R1-R3	31.52	80.83	554	LOS_D	35.07	709.182	137.981	164.360	10.146
Avarage	900-4500	R1-R4	12.01	54.67	136	LOS_D	45.22	211.699	41.189	49.063	3.029
Avarage	900-4500	R2-R3	4.77	80.34	415	LOS_A	7.88	287.716	55.979	66.681	4.116
Avarage	900-4500	R2-R4	60.83	93.23	176	LOS_D	51.51	507.935	98.826	117.719	7.267
Avarage	900-4500	R2-R4/R1	60.83	93.23	192	LOS_E	55.23	154.370	30.035	35.777	2.208
Avarage	900-4500	R2-R1	30.21	93.05	182	LOS_E	60.71	323.948	63.028	75.078	4.634
Avarage	900-4500	R3-R4	1.65	49.53	375	LOS_B	16.05	375.319	73.024	86.984	5.369
Avarage	900-4500	R3-R1	112.59	224.42	477	LOS_E	67.88	1.021.696	198.785	236.788	14.617
Avarage	900-4500	R3-R1/R2	153.34	226.28	463	LOS_E	62.88	183.204	35.645	42.459	2.621
Avarage	900-4500	R3-R2	103.56	221.15	472	LOS_E	65.10	894.360	174.010	207.277	12.795
Avarage	900-4500	R4-R1	0.23	12.29	127	LOS_A	2.92	60.205	11.714	13.953	0.861
Avarage	900-4500	R4-R2	9.12	43.67	160	LOS_D	42.47	261.954	50.967	60.710	3.748
Avarage	900-4500	R4-R2/R3	6.76	41.83	165	LOS_D	45.22	72.628	14.131	16.832	1.039
Avarage	900-4500	R4-R3	18.01	111.01	182	LOS_D	49.28	270.073	52.546	62.592	3.864
Avarage	900-4500	1	33.44	226.28	4294	LOS_D	40.12	5.442.757	1.058.963	1.261.411	77.865

Tablica 19. Rezultati simulacije postojećeg stanja
Izvor: [autor]

Prema simulacijskom modelu razina usluge na raskrižju je rangirana u D skupinu. Raskrižje na svim privozima pruža najkvalitetniju razinu usluge desnim

skretačima dok za vozila koja ravno i lijevo pruža najlošiju. Ukupno najlošija razina usluge je zabilježena na privozu R3 gdje je usluga na trakovima za ravno, lijevo te kombinirano ravno i lijevo okarakterizirani kao razina usluge E. Razlog tome su zabilježeni najduži repovi čekanja pri čemu najduži rep čekanja iznosi 226,28 m. Isto tako su zabilježeni i veće vrijednosti prosječne duljina repa čekanja od kojih je najdulja 153,34 m. Također su zabilježene najveće vrijednosti vremena kašnjenja što odgovara vrijednosti 67,88 s. Navedeni parametri utječu na emisiju ispušnih plinova zbog dužeg zadržavanja na raskrižju, prema tome su najveće količine emisije ispušnih plinova zabilježene također na privozu R3. Razina usluge koja je zabilježena na ostalim privozima je kvalitetnija u odnosu na privoz R3, međutim i dalje su usluge na trakovima za ravno i lijevo te kombiniranim trakovima za ravno i lijevo u nižim skupinama pružanja usluge, a uglavnom u skupinama D. Iz tog razloga je potrebno donijeti određene mjere i odluke o budućem načinu upravljanja i potencijalnim građevinskim zahvatima na predmetnom raskrižju.

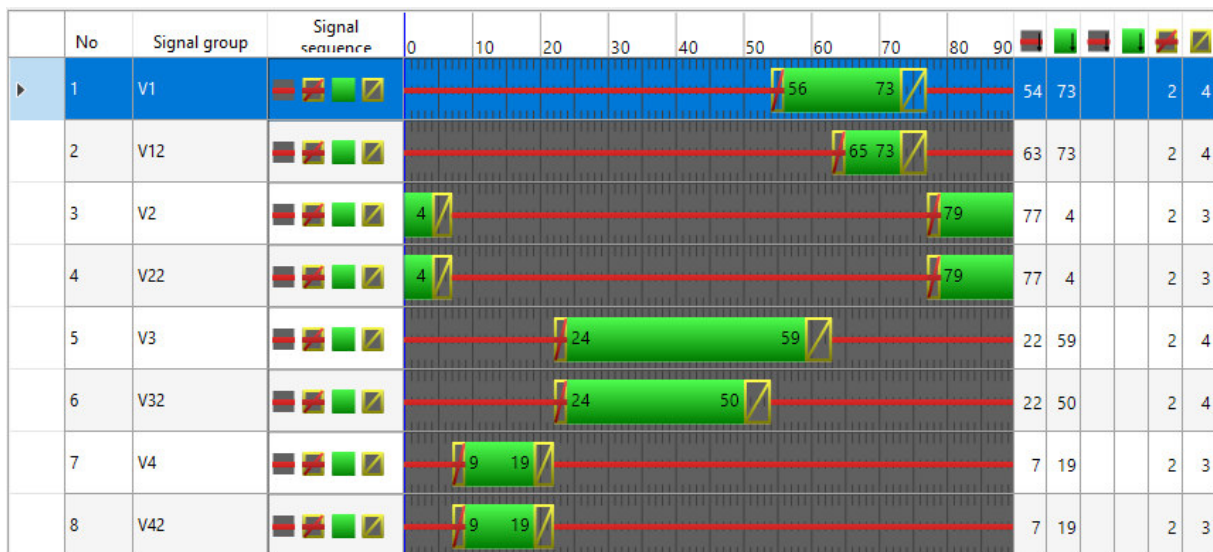
6.2. Evaluacija rezultata prijedloga rješenja 1 – semaforizirano četverokrako raskrižje u razini

Prijedlog rješenja 1 predstavlja semaforizirano četverokrako raskrižje u razini. Ključne predložene mjere su je promjene strategije upravljanja prometom te građevinski zahvati izrade pothodnika i pješačko-biciklističkih staza. Uvođenjem adaptivnog sustava upravljanja prometom se utječe na promjenu načina odvijanja prometnih tokova motornog prometa. Simulacijski model prijedloga rješenja 1 izrađen u računalnom programu PTV Vissim-u je prikazan na slici 53.



Slika 53. Simulacijski model prijedloga rješenja 1
Izvor: [autor]

Za potrebe simulacijskog modela signalni plan je optimiziran tako da je produžena faza zelenog svijetla za skupine trakova koji su najopterećeniji prema trenutnoj prometnoj potražnji. Prema postojećem stanju privozi R2, R3 i R4 se sastoje od trakova za desno skretanje, za zadržavanje smjera kretanja prema ravno, kombiniranih trakova za ravno i lijevo skretanje te traka za lijevo skretanje, a prema prijedlogu rješenja 1 kombinirani trakovi su prenamijenjeni u trakove za ravno. S obzirom na to da je promijenjeno vođenje prometnih tokova unutar raskrižja dodane su i lanterne koje daju informacije o signalnim pojmovima odvojeno za vozila koja se kreću prema ravno i vozila koja skreću u lijevo. Signalni plan koji se primjenjuje za trenutnu prometnu potražnju prikazan je na slici 54.



Slika 54. Signalni plan prilagođen prema trenutnoj prometnoj potražnji
Izvor: [autor]

Prema signalnom planu na slici 54 je moguće uočiti bitnije promjene u raspodjeli vremena unutar ciklusa. Zelena faza za privoz R3 je produžena za 9 s za vozila koja se kreću prema ravno (V3), međutim vrijeme zelene faze za lijeve skretače (V32) je smanjeno kako bi se vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema ravno na privozu R1 (V1) ranije uključila u prometni tok s produženjem faze za 1 s. Također je smanjeno vrijeme zelene faze za lijeve skretače na privozu R1 (V12). Takvim rasporedom zelenih faza se koristi mogućnost propuštanja najzasićenijih prometnih tokova na dva privoza, a u ovom slučaju su to prometni tokovi vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema ravno na privozu R1 i R3. Ovaj način vođenja prometnih tokova se razlikuje u odnosu na postojeći gdje su faze zelenih vremena odnose na cijeli privoz, a pri tom je neovisan o prometnoj potražnji određenih skupina vozila.

Sve dnevne neravnomjernosti u prometnim tokovima tijekom dana dodatno je moguće je uskladiti promjenama signalnih planova ovisno o trenutnoj prometnoj potražnji pojedinih skupina vozila u pojedinim razdobljima. U simulacijskom modelu izrađenog u računalnom programu PTV Vissim je takav adaptivni sustav moguće izraditi s pomoću modula VISVAP. VISVAP dinamičnim metodama upravlja izmjenama signalnog plana, a njegova aktivacija se temelji na:

- detekciji vozila s pomoću senzora postavljenih na strateškim mjestima,
- mjerenjem duljine kolone u svakom traku,
- kontroli zelene faze za pojedine skupine vozila s obzirom na detekciju [36].

U tablici 20 su prikazani rezultati GEH statistike za prijedlog rješenja 1 na temelju unesenih podataka o stvarnom prometnom opterećenju i rezultata o prometnom opterećenju dobivenih simulacijom.

SMJER	STVARNO OPTEREĆENJE (voz/h)	OPTEREĆENJE U SIMULACIJI (voz/h)	GEH
R1-R2	218	221	0,20
R1-R3	554	542	0,51
R1-R4	136	134	0,17
R2-R3	415	417	0,10
R2-R4	270	261	0,55
R2-R1	280	260	1,22
R3-R4	375	377	0,10
R3-R1	822	801	0,74
R3-R2	590	577	0,54
R4-R1	127	129	0,18
R4-R2	247	251	0,25
R4-R3	260	249	0,69

Tablica 20. GEH statistika modela prijedloga rješenja 1

Izvor: [autor]

Izračunati GEH na svim smjerovima iznosi manje od 3, stoga je validnost simulacijskog modela je prihvatljiva. U tablici 21 su prikazani podaci evaluacije rezultata simulacijskog modela prijedloga rješenja.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH DELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	0.02	18.35	218	LOS_A	1.45	80.916	15.743	18.753	1.158
Avarage	900-4500	R1-R3	15.94	57.17	554	LOS_C	31.57	549.073	106.830	127.253	7.855
Avarage	900-4500	R1-R4	15.11	11.79	136	LOS_D	45.35	152.146	29.602	35.261	2.177
Avarage	900-4500	R2-R3	1.22	51.87	415	LOS_A	4.04	198.367	38.595	45.974	2.838
Avarage	900-4500	R2-R4	20.06	45.11	270	LOS_C	34.34	297.601	57.902	68.972	4.258
Avarage	900-4500	R2-R1	24.44	62.94	280	LOS_D	38.26	275.845	53.670	63.930	3.946
Avarage	900-4500	R3-R4	7.63	116.19	375	LOS_A	5.14	202.814	39.460	47.004	2.901
Avarage	900-4500	R3-R1	38.90	193.86	822	LOS_C	28.11	961.618	187.096	222.864	13.757
Avarage	900-4500	R3-R2	36.60	104.95	590	LOS_C	33.83	614.388	119.537	142.390	8.790
Avarage	900-4500	R4-R1	1.04	25.09	127	LOS_A	5.34	138.579	26.962	32.117	1983
Avarage	900-4500	R4-R2	20.84	50.41	247	LOS_D	38.35	314.661	61.222	72.926	4.502
Avarage	900-4500	R4-R3	22.11	55.46	260	LOS_D	51.21	124.824	24.286	28.929	1.786
Avarage	900-4500	1	17.11	193.86	4294	LOS_C	23.17	3.911.048	760.948	906.423	55.952

Tablica 21. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1

Izvor: [autor]

Prema podacima u tablici 21 prosječna razina usluge na raskrižju je okarakterizirana kao skupina C. Budući da je prosječna razina usluge postojećeg stanja rangirana u D skupinu, može se zaključiti kako su poduzete mjere pozitivno utjecale na kvalitetu usluge raskrižja. Prvenstveno promatrajući privoz R3 na kojem je evaluacijom rezultata predloženog rješenja kvaliteta usluge poboljšana te svrstana u kategoriju C u odnosu na postojeće stanje za skupine vozila koja se kreću prema ravno i lijevo. Osim na privozu R3 pozitivni učinci su vidljivi i na privozu R1, R3 i R4. Činjenica poboljšanja kvalitete na privozu R2 i R4 proizlazi iz promjene vođenja prometa unutar raskrižja te se skupine vozila koja se kreću prema ravno efikasnije prazne. Sukladno navedenom vozila koja skreću lijevo i desno nesmetano uspijevaju ući u trak za skretanje pri čemu ne čekaju u repu čekanja zajedno s vozilima skupine smjera kretanja prema ravno, drugim riječima kapaciteti trakova za lijevo i desno skretanje postižu veću iskoristivost u odnosu na postojeće stanje. Međutim prosječne i maksimalne duljine repova čekanja i dalje su najveće na privozu R3 dok je vrijeme kašnjenja najveće na privozu R4 za skupinu vozila koja se skreću u lijevo. Najveća prosječna duljina repa čekanja iznosi 38,90 m dok je najveća zabilježena duljina repa čekanja 193,9 m. Najveće vrijeme kašnjenja iznosi 51,21 s.

6.3. Evaluacija rezultata prijedloga rješenja 2 – kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika

Prijedlog rješenja 2 predstavlja kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika odnosno dvotračno turbo kružno raskrižje. Prometni tokovi unutar raskrižja su upravljani prometnim znakovima. Simulacijski model prijedloga rješenja 2 izrađen u računalnom programu PTV Vissim-u je prikazan na slici 53.



Slika 55. Simulacijski model prijedloga rješenja 2

Izvor: [autor]

Nakon izrađenog simulacijskog modela izračunata je GEH statistika za sve smjerove, a izračunata je na temelju unesenih podataka o stvarnom prometnom opterećenju i rezultata o prometnom opterećenju dobivenih simulacijom. U tablici 22 su prikazane vrijednosti koje potvrđuju validnost ulaznih podataka jer su GEH vrijednosti manje od 3.

SMJER	STVARNO OPTEREĆENJE (voz/h)	OPTEREĆENJE U SIMULACIJI (voz/h)	GEH
R1-R2	218	220	0,14
R1-R3	554	546	0,34
R1-R4	136	138	0,09
R2-R3	415	418	0,15
R2-R4	270	252	1,11
R2-R1	280	256	1,47
R3-R4	375	379	0,21
R3-R1	822	811	0,38
R3-R2	590	580	0,41
R4-R1	127	123	0,36
R4-R2	247	237	0,64
R4-R3	260	247	0,82

Tablica 22. GEH statistika modela prijedloga rješenja 2

Izvor: [autor]

Nakon utvrđene validnosti podataka simulacijskog modela izrađena je evaluacija rezultata prijedloga rješenja 2. Promatrani parametri koji bitno utječu na određivanje razine usluge raskrižja prikazani su u tablici 23.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH ELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	9.77	98.88	218	LOS_A	3.22	88.737	17.265	20.566	1.269
Avarage	900-4500	R1-R3	19.79	120.16	554	LOS_C	21.38	466.247	90.715	108.057	6.670
Avarage	900-4500	R1-R4	14.31	11.79	136	LOS_A	4.58	62.837	12.226	14.563	0.899
Avarage	900-4500	R2-R3	27.80	113.10	415	LOS_B	14.04	282.984	55.058	65.584	4.048
Avarage	900-4500	R2-R4	49.12	170.40	270	LOS_F	50.60	477.371	92.879	110.635	6.829
Avarage	900-4500	R2-R1	49.12	170.40	280	LOS_F	50.04	386.137	75.128	89.491	5.524
Avarage	900-4500	R3-R4	45.02	170.40	375	LOS_A	5.68	150.355	29.254	34.846	2.151
Avarage	900-4500	R3-R1	14.96	150.93	822	LOS_C	22.30	657.226	127.872	152.318	9.402
Avarage	900-4500	R3-R2	10.64	86.78	590	LOS_B	14.65	415.296	80.801	96.249	5.941
Avarage	900-4500	R4-R1	50.62	159.31	127	LOS_F	58.25	126.907	24.691	29.412	1816
Avarage	900-4500	R4-R2	100.26	159.31	247	LOS_F	81.99	734.086	142.826	170.131	10.502
Avarage	900-4500	R4-R3	100.26	159.31	260	LOS_F	81.58	570.049	110.911	132.114	8.155
Avarage	900-4500	1	34.11	150.93	4294	LOS_E	35.10	4.415.054	859.009	1.023.231	63.162

Tablica 23. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 2

Izvor: [autor]

S pomoću tablice 23 se može zaključiti kako je prosječna razina usluge predloženog turbo kružnog raskrižja svrstana u skupinu E. Rezultati evaluacije prijedloga rješenja 2 bilježe pozitivne učinke na privozima R1 i R3, međutim drastičan pad razine usluge je zabilježen na privozima R2 i R4. Razlog tome su kontinuirani ulasci vozila iz najopterećenijeg prometnog toka odnosno vozila koja zadržavaju smjer kretanja prema ravno i vozila koja u kružnom raskrižju skreću u lijevo iz privoza R3. Posljedica toga su nedovoljne vremenske praznine između vozila u kružnom toku zbog kojih vozila na privozu R4 nemaju mogućnost uključivanja u prometni tok unutar kružnog raskrižja. Slična situacija je zabilježena na privozu R2 na kojem se vozila također ne mogu priključiti u prometni tok unutar kružnog raskrižja. Navedena situacija nastaje uslijed lančane reakcije koja počinje neometanim ulazanjem vozila iz privoza R3, koja ne dozvoljavaju priključenje vozilima iz privoza R4. Naposljetku, vozila iz privoza R1 ometana su samo od strane vozila koja u kružnom raskrižju skreću ulijevo iz privoza R3, što im omogućuje kontinuiran ulazak u kružni tok, ali pri tom značajno ometaju ulazak vozila iz privoza R2. S obzirom na prethodno navedeno može se zaključiti kako izrađeno turbo kružno raskrižje nije pogodno za raspodjelu prava prolaska. Ako usporedimo evaluirane rezultate izrađenog modela prijedloga rješenja 2 s evaluiranim rezultatima modela postojećeg stanja i prijedloga rješenja 1, može se zaključiti kako prijedlog rješenja 2 nije prihvatljiv.

6.4. Evaluacija rezultata prognoze prihvatljivog rješenja

Sukladno evaluaciji rezultata simulacije prijedloga rješenja 1 i 2 u odnosu na postojeće stanje, pri čemu je prijedlog rješenja 2 okarakteriziran kao neprihvatljiv, evaluacija rezultata prognoze bit će izrađena samo za prijedlog rješenja 1.

U svrhu prognoze kao ključan podatak će se koristiti stopa rasta PGDP-a za promatrano razdoblje od 2010. godine do 2020. godine na brojačkom mjestu 4810 prikazanog na slici 36. Kako bi se izračunao što točniji uzorak stope rasta uzima se neprekinuto razdoblje od 10 godina koje je prekinuto u 2020. godini zbog globalne pandemije COVID-19 te je uzrokovala pad prometa. Podaci o PGDP-u za navedeno razdoblje te godišnje i prosječne stope rasta su prikazane u tablici 24.

RB. GODINE	GODINA	PGDP	stopa rasta
0. godina	2009.	17102	-
1. godina	2010.	17722	3,50%
2. godina	2011.	18482	4,11%
3. godina	2012.	18472	-0,05%
4. godina	2013.	18763	1,55%
5. godina	2014.	19225	2,40%
6. godina	2015.	19549	1,66%
7. godina	2016.	20801	6,02%
8. godina	2017.	21514	3,31%
9. godina	2018.	21562	0,22%
10. godina	2019.	21991	1,95%
Prosječna stopa rasta			2,5%

Tablica 24. Prosječna stopa rasta za promatrano razdoblje od 2010. godine do 2020. godine

Izvor: [autor]

Za prognozu buduće prometne potražnje na temelju prosječne stope rasta u posljednjih 10 godina, koristit će se formula za složeni godišnji rast prema kojoj slijedi (18):

$$C = C_0 * \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

Gdje je:

- C – vrijednost PGDP-a nakon razdoblja n [voz/h],
- C_0 – početna vrijednost PGDP-a [voz/h],
- p – godišnja stopa porasta prometa [%],
- n – broj godina za kojeg se predviđa prognoza.

U tablici 25. je prikazana veličina prometne potražnje predmetnog raskrižja za prognozirana razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina. Za prvu godinu koristi se trenutna prometna potražnja raskrižja.

1.godina	5.godina	10. godina	15. godina	20. godina
4294	4858	5497	6219	7036

Tablica 25. Prognoza prometne potražnje za 5, 10, 15 i 20 godina

Izvor: [autor]

S obzirom na izračunatu prometnu potražnju u tablici 26 su prikazani rezultati evaluacije simulacijskog modela predloženog rješenja 1 odnosno semaforiziranog četverokrakog raskrižja u razini s primjenom adaptivnog sustava upravljanja.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH DELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	0.05	20.61	246	LOS_A	3.19	94.969	18.478	22.010	1.359
Avarage	900-4500	R1-R3	25.28	71.29	626	LOS_D	38.24	679.539	132.214	157.490	9.722
Avarage	900-4500	R1-R4	10.21	14.05	154	LOS_D	46.28	163.885	31.886	37.982	2.345
Avarage	900-4500	R2-R3	2.13	53.87	469	LOS_A	5.37	249.498	48.543	57.824	3.569
Avarage	900-4500	R2-R4	21.82	55.43	305	LOS_D	36.81	349.370	67.975	80.970	4.998
Avarage	900-4500	R2-R1	28.01	80.05	317	LOS_D	41.93	318.311	61.932	73.772	4.554
Avarage	900-4500	R3-R4	10.60	132.48	425	LOS_B	19.49	370.493	72.084	85.865	5.300
Avarage	900-4500	R3-R1	59.11	235.00	930	LOS_D	41.65	1.548.390	301.260	358.854	22.152
Avarage	900-4500	R3-R2	57.60	151.69	667	LOS_E	57.93	1.021.423	198.732	236.725	14.613
Avarage	900-4500	R4-R1	1.67	31.37	143	LOS_A	6.25	151.994	29.572	35.226	2.174
Avarage	900-4500	R4-R2	24.62	56.48	280	LOS_D	43.72	370.044	71.997	85.761	5.294
Avarage	900-4500	R4-R3	29.48	70.38	294	LOS_D	52.62	158.255	30.791	36.677	2.264
Avarage	900-4500	1	22.03	235.00	4856	LOS_C	33.03	5.476.727	1.065.572	1.269.284	78.351

Tablica 26. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 5 godina

Izvor: [autor]

Tablicom 26 je prikazana prosječna razina usluge C. Nakon 5 godina od implementacije predloženih mjera raskrižje zadržava istu prosječnu razinu usluge kao u prvoj godini, ali vidljive su i promjene na određenim skupinama trakova. Unatoč zadržavanju jednake razine usluge, promjene su vidljive na privozima R1 i R2 za skupine vozila koja se kreću u smjerovima R1-R3 i R2-R4 gdje je zabilježen pad iz C kategorije u D. Značajni pad kvalitete usluge je evidentiran na privozu R3 za skupine vozila koja se kreću u smjeru R3-R2, a kvaliteta se smanjila za 2 stupnja dok se za smjerove R3-R1 i R3-4 kvaliteta usluge smanjila za jedan stupanj.

U tablici 27 su prikazani rezultati evaluacije simulacijskog modela predloženog rješenja 1 nakon 10 godina.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH DELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	0.80	72.71	279	LOS_A	4.95	125.698	24.456	29.132	1.798
Avarage	900-4500	R1-R3	31.01	164.95	709	LOS_D	40.43	791.339	153.966	183.401	11.321
Avarage	900-4500	R1-R4	0.59	55.15	174	LOS_E	60.07	227.591	44.281	52.746	3.256
Avarage	900-4500	R2-R3	3.15	66.64	531	LOS_A	6.11	302.900	58.933	70.200	4.333
Avarage	900-4500	R2-R4	28.52	61.91	346	LOS_D	38.81	412.688	80.294	95.645	5.904
Avarage	900-4500	R2-R1	36.18	124.02	358	LOS_E	55.05	439.686	85.547	101.901	6.290
Avarage	900-4500	R3-R4	35.99	162.91	480	LOS_C	31.04	502.223	97.714	116.395	7.185
Avarage	900-4500	R3-R1	95.44	258.57	1052	LOS_D	54.16	1.892.349	368.182	438.570	27.072
Avarage	900-4500	R3-R2	84.22	181.67	755	LOS_E	69.53	1.213.097	236.025	281.147	17.355
Avarage	900-4500	R4-R1	1.83	39.86	162	LOS_A	6.86	177.466	34.528	41.129	2.539
Avarage	900-4500	R4-R2	37.59	74.95	317	LOS_D	53.99	430.779	83.814	99.837	6.163
Avarage	900-4500	R4-R3	44.12	85.54	333	LOS_D	54.32	214.598	41.753	49.735	3.070
Avarage	900-4500	1	33.02	258.57	5496	LOS_D	40.50	6.731.018	1.309.612	1.559.979	96.295

Tablica 27. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 10 godina

Izvor: [autor]

Prema tablici 27 je moguće uočiti kako se prosječna razina usluge predmetnog raskrižja nakon 10 godina smanjila za jedan stupanj u odnosu na razinu usluge nakon

5 godina. Razlaganjem pojedinih privoza na smjerove kretanja može se uočiti kako su se snizile razine usluga za jedan stupanj na smjerovima R1-R4, R2-R1, R3-R4.

Tablica 28 prikazuje rezultate evaluacije simulacijskog modela predloženog rješenja 1 nakon 15 godina.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH DELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	20.67	85.16	316	LOS_C	22.18	283.569	55.172	65.720	4.057
Avarage	900-4500	R1-R3	76.56	176.47	802	LOS_E	67.98	1.271.201	247.330	294.613	18.186
Avarage	900-4500	R1-R4	17.93	67.66	197	LOS_F	97.27	364.413	70.902	84.456	5.213
Avarage	900-4500	R2-R3	5.90	120.77	601	LOS_B	11.72	443.096	86.210	102.692	6.339
Avarage	900-4500	R2-R4	40.88	82.08	391	LOS_D	45.83	526.096	102.359	121.928	7.526
Avarage	900-4500	R2-R1	52.61	134.94	405	LOS_E	73.43	596.513	116.060	138.248	8.534
Avarage	900-4500	R3-R4	93.06	175.93	543	LOS_C	38.43	532.568	100.809	135.316	9.118
Avarage	900-4500	R3-R1	120.33	267.60	1190	LOS_E	72.20	1.920.415	383.798	451.435	29.015
Avarage	900-4500	R3-R2	118.24	210.11	854	LOS_E	81.34	1.236.701	254.780	299.665	19.523
Avarage	900-4500	R4-R1	3.47	69.84	184	LOS_A	9.27	238.148	46.335	55.193	3.407
Avarage	900-4500	R4-R2	40.12	114.41	358	LOS_D	58.95	492.205	95.765	114.073	7.042
Avarage	900-4500	R4-R3	55.05	63.62	376	LOS_D	60.81	236.341	45.983	54.774	3.381
Avarage	900-4500	1	49.93	267.60	6217	LOS_D	48.71	7.973.962	1.591.443	1.888.043	124.077

Tablica 28. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 15 godina

Izvor: [autor]

Nakon promatranog razdoblja od 15 godina predmetno raskrižje s predloženim mjerama zadržava se na prosječnoj razini usluge D. Međutim, promatranjem pojedinih smjerova kretanja vidljivi su smanjenje razine usluge, a ponajviše na smjerovima privoza R1. Svi smjerovi kretanja su se snizili za jednu kategoriju u odnosu na prijašnje razdoblje. Pri tom je na smjeru R1-R2 zabilježen pad za dva stupnja. Na smjeru R2-R3 i R3-R1 je evidentiran pad razine usluge za jedan stupanj.

Tablicom 29 su prikazani rezultati evaluacije simulacijskog modela predloženog rješenja 1 nakon 20 godina.

SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLEN MAX	VEHS (ALL)	LOS	VEH DELAY	EMISSIONS CO	EMISSIONS NOX	EMISSIONS VOC	FUEL CONSUMPTION
Avarage	900-4500	R1-R2	39.68	95.51	357	LOS_D	37.07	414.567	80.660	96.080	5.931
Avarage	900-4500	R1-R3	106.26	190.44	908	LOS_F	84.03	1.564.097	304.316	362.495	22.376
Avarage	900-4500	R1-R4	34.96	90.45	223	LOS_F	108.14	438.166	85.251	101.549	6.268
Avarage	900-4500	R2-R3	10.91	161.14	680	LOS_B	16.33	541.610	105.378	125.523	7.748
Avarage	900-4500	R2-R4	65.68	195.90	443	LOS_E	79.06	631.208	131.136	162.383	9.172
Avarage	900-4500	R2-R1	75.97	181.90	458	LOS_F	89.93	746.329	145.208	172.969	10.677
Avarage	900-4500	R3-R4	98.01	165.44	615	LOS_C	42.12	577.163	114.784	148.905	10.969
Avarage	900-4500	R3-R1	139.87	299.21	1347	LOS_F	89.44	1.956.463	396.609	465.618	32.273
Avarage	900-4500	R3-R2	135.52	221.55	966	LOS_E	84.99	1.249.766	263.824	312.864	21.708
Avarage	900-4500	R4-R1	6.41	129.41	208	LOS_B	16.19	270.846	58.262	71.312	5.019
Avarage	900-4500	R4-R2	50.02	119.63	405	LOS_F	75.29	526.857	110.311	123.091	9.385
Avarage	900-4500	R4-R3	61.98	82.65	426	LOS_E	77.97	265.526	61.172	72.397	4.786
Avarage	900-4500	1	55.32	299.21	7036	LOS_E	56.95	9.290.107	1.807.517	2.153.072	132.906

Tablica 29. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 20 godina

Izvor: [autor]

Prema tablici 29 prosječna razina usluge za promatrano raskrižje nakon 20 godine je svrstana u skupinu E. Nakon 20 godina svi dominantniji tokovi su zagušeni, pri čemu su kvalitetnije razine usluge samo za smjerove kretanja prema desno. Ako promatramo prometne tokove koji se kreću u smjeru prema ravno, svi se nalaze u skupini razine sluge F, osim R2- R4 koji se nalazi u skupini E. Razina usluge smjerova kretanja u lijevo odnosno R1-R4 i R2- R1 su rangirani u skupinu F dok su R3-R2 i R4-R3 rangirani u skupinu E. Sukladno navedenom, može se zaključiti da je razina usluge prihvatljiva samo za prometne tokove sa smjerom kretanja udesno, čiji je udio manji od 30% u ukupnom prometnom toku. Za više od 70% vozila nakon 20 godina razina usluge je ne prihvatljiva, a ona je uglavnom F kategorije.

7. ZAKLJUČAK

Prometni sustavi gradova su ključni elementi podrške velikim kapitalnim projektima koji će u budućnosti utjecati na stope rasta i razvoja gospodarstva. Cestovna prometna mreža je najbitniji oblik prometne infrastrukture gradova ponajviše zbog svoje pristupačnosti, fleksibilnosti te integracije s drugim prometnim modovima i podrške za teretni i putnički promet. Kvalitetna cestovna prometna mreža pruža kvalitetniji život gradskog stanovništva i njegovih posjetitelja. Problemi i nedostaci prometnih sustava u gradovima pa tako i u gradu Zadru, posljedica su povećanja gospodarskih aktivnosti, pri čemu je uzrok nedovoljno usklađena prometna infrastruktura kako bi zadovoljila potrebe stanovništva i gospodarstva te njihov budući rast. Prethodno navedene činjenice predstavljaju velike izazove prilikom planiranja i projektiranja cestovne prometne infrastrukture, osobito u već izgrađenim dijelovima gradova. Razlog tome je potreba za ispunjavanjem uvjeta sadašnje i buduće prometne potražnje, pri čemu je jako bitno voditi računa o sigurnosti, ekonomičnosti, ekologiji te o urbanističkom izgledu grada i korištenju površina. Stoga je rekonstrukcija ključnih elemenata cestovne infrastrukture uz motiviranje stanovništva na korištenje alternativnih modova prijevoza u zamjenu za osobni automobil najvažniji korak prema poboljšanju postojećeg sustava i njegovo prilagođavanje budućim potrebama. Prilikom rekonstrukcije elemenata također treba razmotriti i one mjere koje se ne odnose na isključivo građevinske zahvate i širenje kapaciteta mreže, već i na mjere kao što su promjene u vođenju prometnih tokova u raskrižju, smanjenje presijecanja prometnih tokova, promjena u daljinskom vođenju prometa, promjene regulacije i organizacije prometnih tokova. Takve mjere mogu biti efikasnije, učinkovnije i ekonomičnije u odnosu na građevinske zahvate.

Jedan od ključnih elemenata gradske cestovne prometne mreže u gradu Zadru čini raskrižje Ulice Ante Starčevića, Ulice Bleiburških žrtava i državne ceste D8. Prometni tok državne ceste D8 se može okarakterizirati kao dominantan tok, pri čemu je također značajan prometni tok iz smjera Ulice Ante Starčevića. Nedostaci koji su utvrđeni na predmetnom raskrižju analizom i istraživanjem te terenskim mjerenjima i zapažanjima se očituju kroz zagušenje prometne mreže, neravnomjernost i neiskoristivost kapaciteta prometne površine. Stvaranjem repova čekanja često dolazi do neiskorištenja dodatnih proširenja trakova za desno i lijevo skretanje pred samim raskrižjem. Također su zamijećeni nedostaci sa sigurnosnog aspekta na mjestima prelaska pješaka i biciklista te u postavljanju vertikalne i horizontalne signalizacije.

S obzirom na navedene nedostatke, cilj ovog rada se odnosi na povećanje propusne moći raskrižja, iskorištavanje kapaciteta postojećih gabarita prometne površine, podizanje stupnja sigurnosti te unaprjeđenje i uređenje površina za odvijanje tokova nemotoriziranog prometa na temelju izrađenih studija za održivi razvoj prometnog sustava grada Zadra. Navedeni ciljevi su razlog izrade idejnih prometnih rješenja četverokrakog semaforiziranog raskrižja u razini s primjenom adaptivnog sustava upravljanja i dvotračnog kružnog raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika.

Daljnjom razradom idejnih rješenja odnosno izradom simulacijskih modela i evaluacijom dobivenih rezultata simulacije, pozitivni učinci u odnosu na postojeće stanje utvrđeni su za predloženo rješenje 1 odnosno četverokrako semaforizirano raskrižje u razini s primjenom adaptivnog sustava upravljanja. Prometni parametri koji su ukazali na pozitivan učinak donošenja mjere uvođenja strategije adaptivnog sustava upravljanja su smanjenje prosječnog i maksimalnog repa čekanja, vrijeme kašnjenja i emisije štetnih plinova. Izrađen simulacijski model i evaluacija rezultata prognoze na temelju prometne potražnje za 5 i 10 godina također karakterizira predloženo rješenje kao prihvatljivo. Međutim simulacijski model prognoze za prometnu potražnju nakon 15 i 20 godina nije prihvatljiv jer se tada već povećava broj smjerova s E i F razinom usluge. Bitno je istaknuti kako je adaptivni sustav upravljanja izuzetno koristan kod raskrižja čiji prometni tokovi variraju ovisno dnevnim, tjednim i mjesečnim neravnomjernostima kao što je to slučaj kod predmetnog raskrižja.

Izradom simulacijskog modela i evaluacijom dobivenih rezultata simulacije predloženog rješenja 2 odnosno dvotračnog kružnog raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika, isti parametri nisu pokazali pozitivan učinak rekonstrukcije u odnosu na postojeće stanje. Unatoč mnogim ispunjenim uvjetima za primjenu ovakvog oblika raskrižja, velika razlika u volumenu prometnog toka na istočnom privozu D8 u odnosu na ostale prometne tokove onemogućuje kvalitetnu razdiobu vremenskih praznina po privozima. Posljedica navedenog nedostatka je pružanje izuzetno visoke razine usluge za dominantan prometni tok dok se ostali prometni tokovi suočavaju s čestim prekidima, nemogućnosti uključivanja u prometni tok raskrižja, a samim time povećanjima repova čekanja i vremenima kašnjenja.

LITERATURA

- [1] Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Zadarska županija, Hrvatska enciklopedija, 2024. Preuzeto sa: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/zadarska-zupanija> , [Pristupljeno: 15.12.2023.]
- [2] Grad Zadar, Prometni masterplan funkcionalne regije Sjeverna Dalmacija, 2019. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Prometni%20masterplan%20FR%20Sjeverna%20Dalmacija.pdf> , [Pristupljeno: 16.12.2023.]
- [3] HGK, Hrvatska gospodarska komora, Gospodarski profil Zadarske županije, 2023. Preuzeto sa: <https://www.hgk.hr/zupanijska-komora-zadar/gospodarski-profil-zadarske-zupanije> , [Pristupljeno: 18.12.2023.]
- [4] OpenStreetMap. Preuzeto sa: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/44.1047/15.3623> , [Pristupljeno: 20.12.2023.]
- [5] Geoportal DGU. Preuzeto sa: <https://geoportal.dgu.hr/> , [Pristupljeno: 20.12.2023.]
- [6] Šošćarić M., Šćukanec A., Jakovljević M.: Prometno tehnološko projektiranje – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.
- [7] Krpan Lj.: Integralni prostorno-prometni model urbanističkog planiranja, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka, 2010.
- [8] Zadarska županija, Prostorni planovi Zadarske županije, 2017. Preuzeto sa: <https://www.zadarska-zupanija.hr/dokumenti/prostorni-planovi-zadarske-zupanije> , [Pristupljeno: 06.01.2024.]
- [9] Zakon o prostornom uređenju, NN (153/13 i 67/23). Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/z/689/Zakon-o-prostornom-ure%C4%91enju> , [Pristupljeno: 08.01.2024.]
- [10] Narodne Novine, Zakon o prostornom uređenju i gradnji, NN (76/2007). Preuzeto sa: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_07_76_2395.html , [Pristupljeno: 08.01.2024.]
- [11] Grad Zadar, Prostorni plan uređenja grada Zadra. Preuzeto sa: <https://www.grad-zadar.hr/> , [Pristupljeno: 15.01.2024.]
- [12] Grad Zadar, Nacrt Plana održive urbane mobilnosti grada Zadra, 2021. Preuzeto sa: [https://www.grad-zadar-](https://www.grad-zadar.hr/)

- [zadar.hr/repos/doc/Nacrt%20Plana%20odrzive%20urbane%20mobilnosti%20Grada%20Zadra_09092021.pdf](https://www.zadar.hr/repos/doc/Nacrt%20Plana%20odrzive%20urbane%20mobilnosti%20Grada%20Zadra_09092021.pdf) , [Pristupljeno: 07.03.2024.]
- [13] Udruga gradova, Prometni sustav Grada Zadra, Inteligentni prometni sustav (ITS) i rekonstrukcija prometnica. Preuzeto sa: <https://www.udruga-gradova.hr/inpuls/prometni-sustav-grada-zadra-inteligentni-prometni-sustav-its-i-rekonstrukcija-prometnica/> , [Pristupljeno: 07.03.2024.]
- [14] Zakon o sigurnosti prometa, NN (67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17 i 70/19). Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=40421> , [Pristupljeno: 20.04.2024.]
- [15] Legac I.: Raskrižja javnih cesta, Cestovne prometnice II. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
- [16] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [17] Zakon o cestama, NN (84/11, 22/13, 54/13 i 92/14). Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=17049> , [Pristupljeno: 20.04.2024.]
- [18] Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi. Preuzeto sa: <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/439893.pdf> , [Pristupljeno: 01.05.2024.]
- [19] Janjatović J., Pilepić D., Pevalek V.: Utjecaj pješačkih prijelaza na poboljšanje mobilnosti pješačkog prometa u gradovima, Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Rijeka, 2015.
- [20] Zakon o javnim cestama, NN (180/04. i 138/06.). Preuzeto sa: <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=2135> , [Pristupljeno: 17.05.2024.]
- [21] Novačko L., Pilko H.: Cestovne prometnice II, Upute za auditorne vježbe i seminarski rad. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2017.
- [22] Elipsa – S.Z. d.o.o.: Prometni elaborat semaforizacije raskrižja ul. Ante Starčevića, ul. 4. Gardijske Brigade, Zagrebačke ulice i ul. Bleiburških žrtava, Zadar, 2017.
- [23] Prometna zona, 2024. Preuzeto sa: <https://www.prometna-zona.com/brojanje-ili-snimanje-prometa/> , [Pristupljeno: 05.03.2024.]
- [24] Ševrović M.: Teorija prometnih tokova: HCM, metode brojanja i snimanja prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [25] Federal Highway Administration: Traffic Detector Handbook: Third Edition - Volume I, U.S. Department of Transportation, SAD, 2006.

- [26] Hrvatske ceste d.o.o., Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2022., Zagreb, 2023.
- [27] Liburnija d.o.o. Preuzeto sa: <https://liburnija-zadar.hr/> , [Pristupljeno: 20.05.2024.]
- [28] Ministarstvo unutarnjih poslova, Postaja prometne policije Zadar. Preuzeto sa: <https://policija.gov.hr/policijske-uprave/iii-kategorija/policijska-uprava-zadarska/144> , [Pristupljeno: 25.05.2024.]
- [29] National Research Council: Highway Capacity Manual (HCM) 2000, Transportation Research Board (TRB), National Academies of Science, Washington DC, United States, 2000.
- [30] National Research Council: Highway Capacity Manual (HCM) 2010, Transportation Research Board (TRB), National Academies of Science, Washington DC, United States, 2010.
- [31] Dadić I., Kos G., Ševrović M.: Teorija prometnog toka, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
- [32] Vujić M., Dedić L.: Cestovna telematika – autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [33] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja na državnim cestama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2014.
- [34] NSW Government, Pedestrian underpass design guideline, Brisbane, 2023. Preuzeto sa: <https://www.transport.nsw.gov.au/system/files/media/documents/2023/pedestrian-underpass-guideline.pdf> , [Pristupljeno: 01.06.2024.]
- [35] Ruiz de Villa A., Casas J., Breen M., Perarnau J.: Minimising GEH in Static OD estimation, Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings, Brisbane 2013. Preuzeto sa: https://australasiantransportresearchforum.org.au/wp-content/uploads/2022/03/2013_de_villa_casas_breen_perarnau.pdf , [Pristupljeno: 05.06.2024.]
- [36] Yaru G. and Jihui M.: An Improved Actuated Signal Control of Intersection Based on VISVAP, Beijing Jiaotong University, Beijing, China, 2016

POPIS KRATICA

PPU	Prostorni plan uređenja
UPU	Urbanistički plan uređenja
DPU	Detaljan plan uređenja
ITS	Inteligentni transportni sustavi
TNT-T	Trans-European transport network
VIP	Video image processor
EJA	Ekvivalent jedinice automobila
PGDP	Prosječni godišnji dnevni promet
PLDP	Prosječni ljetni dnevni promet
HCM	Highway Capacity Manual
LOS	Level of service

POPIS SLIKA

Slika 1. Upravno-teritorijalni ustroj Zadarske županije	3
Slika 2. Makrolokacija raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8	4
Slika 3. Mikrolokacija raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8	5
Slika 4. Mikrolokacija raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8	6
Slika 5. Geoprometni položaj raskrižja u odnosu na bitne elemente prometne infrastrukture.....	7
Slika 6. Poslovne i industrijske zone grada Zadra i njegovog gravitacijskog područja	8
Slika 7. Prostorni plan Zadarske županije.....	9
Slika 8. Prostorni plan grada Zadra – svrha namjene i korištenja zemljišta	10
Slika 9. Prostorni plan grada Zadra – prometna infrastrukturna mreža	10
Slika 10. Prostorni plan grada Zadra – uvjeti za korištenje, uređenje i zaštitu	11
Slika 11. Detaljni urbanistički plan stambene zone Smiljevac – prometna infrastrukturna mreža.....	12
Slika 12. Detaljni urbanistički plan stambene zone veće gustoće Crvene Kuće – prometna infrastrukturna mreža.....	13
Slika 13. Preklop DOF-a 2011, skice i katastarskog plana	14
Slika 14. Postojeće stanje raskrižja Ulica Ante Starčevića i Bleiburških žrtava te državne ceste D8.....	16
Slika 15. Privoz Ulice Ante Starčevića	17
Slika 16. Znakovi obavijesti za vođenje prometa trećeg stupnja.....	18
Slika 17. Rep čekanja na privozu Ulice Ante Starčevića	18
Slika 18. Privoz ceste D8 – jug	19
Slika 19. Znak četvrtog stupnja obavijesti za vođenje prometa	20
Slika 20. Rep čekanja na privozu D8 – jug	21
Slika 21. Privoz D8 – istok	22
Slika 22. Nadvožnjak na privozu D8 – istok.....	23
Slika 23. Kombinirano raskrižje na privozu D8 – istok	24
Slika 24. Privoz Ulice Bleiburških žrtava.....	25
Slika 25. Položaji izgrađene i potencijalne izgradnje buduće biciklističke infrastrukture	26
Slika 26. Pješački prijelaz na privozu D8 – jug	27
Slika 27. Pješački prijelaz na privozu Ulice Bleiburških žrtava.....	27
Slika 28. Matrica zaštitnih među vremena raskrižja Ulica Ante Starčevića, Bleiburških žrtava i državne ceste D8	30
Slika 29. Prikaz plana i položaja signalnih grupa i semaforskih stupova	30
Slika 30. Signalni plan raskrižja Ulica Ante Starčevića, Bleiburških žrtava i državne ceste D8	31
Slika 31. 1. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje	32
Slika 32. 2. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje	33

Slika 33. 3. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje	34
Slika 34. 4. faza i pripadajuće skupine s pravom prolaska kroz raskrižje	35
Slika 35. Plan postavljanja VIP uređaja	37
Slika 36. Razmještaj brojača prometa	38
Slika 37. Grafički prikaz volumena prometa za 2.10.2023. godine	46
Slika 38. Grafički prikaz volumena prometa za 21.7.2023. godine	54
Slika 39. Grafički prikaz volumena pješačkog i biciklističkog prometa za 26.03.2024. u vršnom satu	58
Slika 40. Mreža gradski autobusnih linija grada Zadra	59
Slika 41. Ponuda autobusnog javnog prijevoza na području Grada Zadra 2021. godine	60
Slika 42. Prometne radnje (deblje-glavni tok, tanje-sporedni tok).....	61
Slika 43. Posebni slučajevi prometne radnje preplitanja.....	62
Slika 44. Konfliktne točke na predmetnom raskrižju	62
Slika 45. Kombinacije smjerova po traku, grupe kretanja i grupe trakova ovisno o broju trakova.....	67
Slika 46. raskrižje s dvotračnim kružnim tokom prometa sa dvije ulazne prometne trake	71
Slika 47. Konverzija prometnog opterećenja četverokrakog raskrižja u kružno raskrižje	72
Slika 48. Tlocrt i presjek stuba pothodnika	76
Slika 49. Prijedlog rješenja 1 – semaforizirano četverokrako raskrižje u razini.....	77
Slika 50. Turbo blok.....	78
Slika 51. Prijedlog rješenja 2 – Kružno raskrižje sa spiralnim tokom kružnog kolnika	80
Slika 52. Simulacijski model postojećeg stanja.....	83
Slika 53. Simulacijski model prijedloga rješenja 1	85
Slika 54. Signalni plan prilagođen prema trenutačnoj prometnoj potražnji	86
Slika 55. Simulacijski model prijedloga rješenja 2	88

POPIS TABLICA

Tablica 1. Duljina ciklusa za određeni broj faza.....	29
Tablica 2. Podaci brojanja prometa za 2.10.2023. godine izraženo u vozilima po satu [voz/h].....	39
Tablica 3. Podaci brojanja prometa za 21.7.2023. godine izraženo u vozilima po satu [voz/h].....	40
Tablica 4. Ekvivalent jedinica osobnog automobila (EJA)	41
Tablica 5. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz Ulice Ante Starčevića (R1).....	42
Tablica 6. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz D8 – jug (R2) .	43
Tablica 7. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz D8 – istok (R3)	44
Tablica 8. Rezultati brojanja prometa za 2.10.2023. godine – privoz Ulice Bleiburških žrtava (R4).....	45
Tablica 9. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz Ulice Ante Starčevića (R1).....	50
Tablica 10. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz D8 – jug (R2)	51
Tablica 11. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz D8 – istok (R3)	52
Tablica 12. Rezultati brojanja prometa za 21.7.2023. godine – privoz Ulice Bleiburških žrtava (R4).....	53
Tablica 13. Volumen pješачkog i biciklističkog prometa za 26.03.2024. u vršnom satu	57
Tablica 14. Podaci o prometnim nesrećama u razdoblju od 2021. do 2023. godine.	63
Tablica 15. Razina usluge za semaforizirana raskrižja	70
Tablica 16. Razina usluge sa raskrižja s kružnim tokom prometa	74
Tablica 17. Vrijednosti polumjera za konstruiranje turbo bloka ovisno o odabranoj veličini.....	79
Tablica 18. GEH statistika modela postojećeg stanja.....	84
Tablica 19. Rezultati simulacije postojećeg stanja.....	84
Tablica 20. GEH statistika modela prijedloga rješenja 1.....	87
Tablica 21. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1	87
Tablica 22. GEH statistika modela prijedloga rješenja 2.....	89
Tablica 23. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 2	89
Tablica 24. Prosječna stopa rasta za promatrano razdoblje od 2010. godine do 2020. godine.....	91
Tablica 25. Prognoza prometne potražnje za 5, 10, 15 i 20 godina.....	91
Tablica 26. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 5 godina	92
Tablica 27. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 10 godina	92
Tablica 28. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 15 godina	93
Tablica 29. Rezultati simulacije prijedloga rješenja 1 za 20 godina	93

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Opterećenje raskrižja izraženo u vozilima po satu [voz/h].....	39
Grafikon 2. Opterećenje raskrižja izraženo u vozilima po satu [voz/h].....	40
Grafikon 3. Opterećenost ulaza i izlaza na privozima za 2.10.2023. godine.....	47
Grafikon 4. Volumen ulaznog prometa u raskrižje ovisno o smjeru kretanja po privozima 2.10.2023. godine.....	47
Grafikon 5. Udio vozila po smjeru kretanja ukupnog prometa 2.10.2023. godine.....	48
Grafikon 6. Udio vozila s obzirom na vozno- dinamičke karakteristike po privozima i ukupno 2.10.2023. godine	48
Grafikon 7. Opterećenost ulaza i izlaza na privozima za 21.7.2023. godine.....	55
Grafikon 8. Volumen ulaznog prometa u raskrižje ovisno o smjeru kretanja po privozima za 21.7.2023. godine.....	55
Grafikon 9. Udio vozila po smjeru kretanja ukupnog prometa za 21.7.2023. godine	56
Grafikon 10. Udio vozila s obzirom na vozno- dinamičke karakteristike po privozima i ukupno za 21.7.2023. godine	56
Grafikon 11. Prometne nesreće s obzirom na posljedice u razdoblju od 2021. do 2023. godine.....	64
Grafikon 12. Prometne nesreće s obzirom na vrstu nastanka u razdoblju od 2021. do 2023. godine.....	65

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Postojeće stanje

Prilog 2. Prijedlog rješenja 1

Prilog 3. Prijedlog rješenja 2



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
DIPLOMSKI RAD

NAZIV NACRTA	POSTOJEĆE STANJE
MJERILO	1:500
AKADEMSKA GODINA	2023./2024.
MENTOR	IZV. PROF. DR. SC. LUKA NOVAČKO
STUDENT	ANTE BOBIĆ
JMBAG	0135247924



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
NAZIV NACRTA	PRIJEDLOG RJEŠENJA 1
MJERILO	1:500
AKADEMSKA GODINA	2023./2024.
MENTOR	IZV. PROF. DR. SC. LUKA NOVAČKO
STUDENT	ANTE BOBIĆ
JMBAG	0135247924



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
DIPLOMSKI RAD	
NAZIV NACRTA	PRIJEDLOG RJEŠENJA 2
MJERILO	1:500
AKADEMSKA GODINA	2023./2024.
MENTOR	IZV. PROF. DR. SC. LUKA NOVAČKO
STUDENT	ANTE BOBIĆ
JMBAG	0135247924

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ diplomski rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 završnog/diplomskog rada pod naslovom Idejno prometno rješenje raskrižja državne ceste D8 s ulicom Ante Starčevića i ulicom Bleiburških žrtava u gradu Zadru, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 24.06.2024

Ante Božić
(ime i prezime, potpis)