

Optimizacija odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama

Ferina, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:714877>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-04**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Hrvoje Ferina

**OPTIMIZACIJA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA
RASKRIŽJU ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE
CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

Zagreb, 11. ožujka 2020.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5531

Pristupnik: **Hrvoje Ferina (0007069888)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Optimizacija odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića
Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je definirati zonu obuhvata te na temelju prikupljenih podataka napraviti analizu postojećeg stanja u smislu odvijanja prometa. Na temelju podataka o opterećenju prometnih tokova potrebno je napraviti prometnu prognozu te izraditi prijedlog i evaluaciju optimalnog prometnog rješenja za navedeno raskrižje.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Grgo Luburić

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**OPTIMIZACIJA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA
RASKRIŽJU ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE
CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA**

**OPTIMIZATION OF TRAFFIC FLOWS AT INTERSECTION OF
LJUBE BABIĆA ĐALSKOG STREET AND STRMEČKA ROAD
IN STUBIČKE TOPLICE**

Mentor: prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Hrvoje Ferina

JMBAG: 0007069888

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK

OPTIMIZACIJA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA

U mreži prometne infrastrukture raskrižja su osnovne točke funkcioniranja prometnog sustava kojima se povezuju dvije ili više cesta. Zbog prometnih radnji i mogućih konflikata, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusne moći i sigurnosti prometa čije kvalitetno rješavanje predstavlja dodatni izazov prilikom prometnog planiranja. U diplomskom radu predložena je optimizacija prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama. Zbog dotrajalosti kolničke površine predviđena je rekonstrukcija predmetnog raskrižja te je predloženo optimalno prometno rješenje. Napravljena je analiza postojećeg stanja u zoni raskrižja na temelju koje su postavljeni prometno-tehnološki uvjeti koje mora zadovoljiti prijedlog optimizacije. Detaljno je analizirana prostorno-planska dokumentacija, sigurnost prometa i analiza prometnog opterećenja koja se koristila kao ulazni podatak za prometnu prognozu. Na temelju prometno-tehnoloških uvjeta dobivenih iz prometne analize te podataka dobivenih iz prometne prognoze predloženo je optimalno prometno rješenje - izgradnja kružnog raskrižja. Nakon detaljne razrade navedenog, napravljena je evaluacija svih prednosti i svih nedostataka predloženog modela, usporedba s postojećim stanjem raskrižja te je ispitano odgovara li predloženi model optimizacije općim zahtjevima za raskrižje.

KLJUČNE RIJEČI: cestovna raskrižja, urbana kružna raskrižja, model optimizacije, prometni tok, Stubičke Toplice

SUMMARY

OPTIMIZATION OF TRAFFIC FLOWS AT INTERSECTION OF LJUBE BABIĆA ĐALSKOG STREET AND STRMEČKA ROAD IN STUBIČKE TOPLICE

In the traffic infrastructure network, intersections are the basic points of functioning of the traffic system in which two or more roads are connected. Due to traffic actions and possible conflicts, the problems of traffic flow and traffic safety are extremely emphasized at intersections, and their solution is an additional challenge in traffic planning. In this master thesis the optimization of traffic flows at the intersection of Ljube Babića Đalski Street and Strmečka cesta in Stubičke Toplice was proposed. Due to the damaged road surface, the reconstruction of the intersection is planned and it is necessary to propose an optimal traffic solution. The analysis of the existing traffic situation in the intersection zone was made, which will determine the traffic-technological conditions that the proposal of traffic optimization must meet. Urban planning documentation, traffic safety and traffic flow analysis were analyzed in detail and used as input data for traffic prediction. Based on the traffic-technological conditions obtained from the traffic analysis and the data obtained from traffic prediction, the optimal traffic solution was proposed which is the construction of a roundabout. After a detailed elaboration of the above, an evaluation of all the advantages and disadvantages of the proposed model was made, compared with the model of existing intersection and examined whether the proposed optimization model meets the general requirements for the intersection.

KEYWORDS: road intersections; urban roundabout; model optimization, traffic flow; Stubičke Toplice

SADRŽAJ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Definiranje makro i mikro zone obuhvata | 3 |
| 2.1. Definiranje makro zone obuhvata..... | 3 |
| 2.2. Definiranje mikro zone obuhvata..... | 4 |
| 3. Analiza postojećeg stanja | 8 |
| 3.1. Analiza prostorno-planske dokumentacije..... | 9 |
| 3.2. Analiza sigurnosti prometa..... | 12 |
| 3.2.1. Analiza prometnih nesreća..... | 14 |
| 3.2.2. Analiza stanja i opreme ceste..... | 15 |
| 3.2.3. Analiza prometne preglednosti..... | 21 |
| 3.2.4. Analiza prometnih tokova u raskrižju..... | 22 |
| 3.3. Brojanje prometa i analiza prometnog opterećenja..... | 26 |
| 3.3.1. Brojanje prometa..... | 26 |
| 3.3.2. Analiza prometnog opterećenja..... | 34 |
| 4. Čimbenici prognoze prometa | 35 |
| 4.1. Prognoza prometa primjenom pravca regresije..... | 36 |
| 4.2. Prognoza prometa primjenom metode složenog kamatnog računa..... | 37 |
| 5. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova | 39 |
| 6. Evaluacija predložene optimizacije odvijanja prometnih tokova | 45 |
| 6.1. Sigurnost prometa..... | 45 |
| 6.2. Kvaliteta odvijanja prometa..... | 47 |
| 6.3. Utjecaj na okolinu i okoliš..... | 50 |
| 6.4. Ekonomičnost rješenja..... | 52 |
| 7. Zaključak | 53 |
| Literatura | 54 |
| Popis slika | 55 |
| Popis tablica | 56 |
| Popis grafikona | 57 |

1. UVOD

Zbog konstantnog globalnog tehnološkog razvitka svjedoci smo ubrzane promjene trendova i standarda koji između ostalog utječu i na prometni sustav. Od osnovnih elemenata prometnog sustava (čovjek, vozilo, cesta) promjenama je najteže prilagoditi cestu tj. infrastrukturu koja se planira na duža vremenska razdoblja.

U mreži prometne infrastrukture raskrižja su osnovne točke funkcioniranja prometnog sustava u kojima se povezuju dvije ili više cesta. S obzirom na odvijanja prometa, treba težiti što manjem međusobnom doticaju prometnih tokova koji se mogu spajati, razdvajati, križati ili preplitati. Zbog prometnih radnji i mogućih konflikata, koji se ne pojavljuju na otvorenim potezima ceste, na raskrižjima su izrazito naglašeni problemi propusne moći i sigurnosti prometa čije kvalitetno rješavanje predstavlja dodatni izazov prilikom prometnog planiranja.

Prometno planiranje podrazumijeva maksimalno iskorištenje postojećih te planski razvoj novih prometnica koje treba prilagoditi sadašnjim (dijagnosticiranim) i predviđenim (prognoziranim) potrebama prometnog sustava. Kako u starijoj tako i u novijoj stručnoj literaturi, prometno planiranje se može podijeliti na tri osnovne radne cjeline, a to su analiza postojećeg stanja (prometna dijagnoza), predviđanje buduće prometne potražnje (prometna prognoza) te izrada prijedloga poboljšanja predmetnog obuhvata (prometna terapija). One se međusobno nadovezuju i utječu jedna na drugu ali razrada svake od navedenih razina ovisi o konkretnom slučaju i opsegu zahvata.

Tema ovog diplomskog rada je optimizacija prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama. Prema navedenim cjelinama prometnog planiranja prikupit će se i analizirati podaci za izradu prijedloga prometnog rješenja.

Diplomski rad se sastoji od sedam poglavlja i to:

1. Uvod;
2. Definiranje makro i mikro zone obuhvata;
3. Analiza postojećeg stanja;
4. Čimbenici prognoze prometa;
5. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova;
6. Evaluacija predložene optimizacije odvijanja prometnih tokova;
7. Zaključak.

Nakon uvodnog dijela, u drugom poglavlju definirat će se makro i mikro zona obuhvata. Potrebno je obuhvatiti sve elemente prometne infrastrukture na koje predložena optimizacija prometnih tokova može utjecati ili utječe, direktno ili indirektno.

U trećem poglavlju provest će se detaljna analiza prostorno-planske dokumentacije, sigurnosti prometa i analiza prometnog opterećenja, na temelju koje će se postaviti prometno-tehnološki uvjeti koje mora zadovoljiti prijedlog optimizacije.

U četvrtom poglavlju obradit će se prometna prognoza, tj. predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. Za prognozu prometa koristit će se modeli pravca regresije i složenog kamatnog računa kojim je predviđeno prometno opterećenje predmetnog raskrižja za razdoblje od 5, 10, 15 i 20 godina.

U petom poglavlju detaljno će se razraditi prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju temeljem prometno-tehnoloških uvjeta dobivenih iz prometne analize te podataka iz provedene prometne prognoze. Nakon razrade prometnog rješenja izradit će se SWOT matrica s prikazom svih snaga, slabosti, prilika i prijetnji predloženog modela.

U šestom poglavlju provest će se evaluacija (vrednovanje) svih prednosti i svih nedostataka predloženog modela, napraviti usporedba s postojećim stanjem raskrižja te ispitati odgovara li predloženi model optimizacije općim zahtjevima za raskrižje.

Za izradu diplomskog rada korištena je stručna literatura, ulazni parametri prikupljeni su vlastitim terenskim radom te su iznesena sva zapažanja autora.

2. DEFINIRANJE MAKRO I MIKRO ZONE OBUHVATA

Zona obuhvata je područje na kojemu će se vršiti prometna analiza i prognoza, odnosno dati prijedlog i evaluacija rješenja.

Zona obuhvata treba obuhvaćati sve one elemente prometne infrastrukture na koje predložena optimizacija prometnih tokova može utjecati ili utječe, direktno ili indirektno. Moguće je definirati mikro zonu obuhvata - mikrolokaciju (detaljna istraživanja i rješenja) i makro zonu obuhvata - makrolokaciju (manje detaljna istraživanja i rješenja).

2.1. DEFINIRANJE MAKRO ZONE OBUHVATA

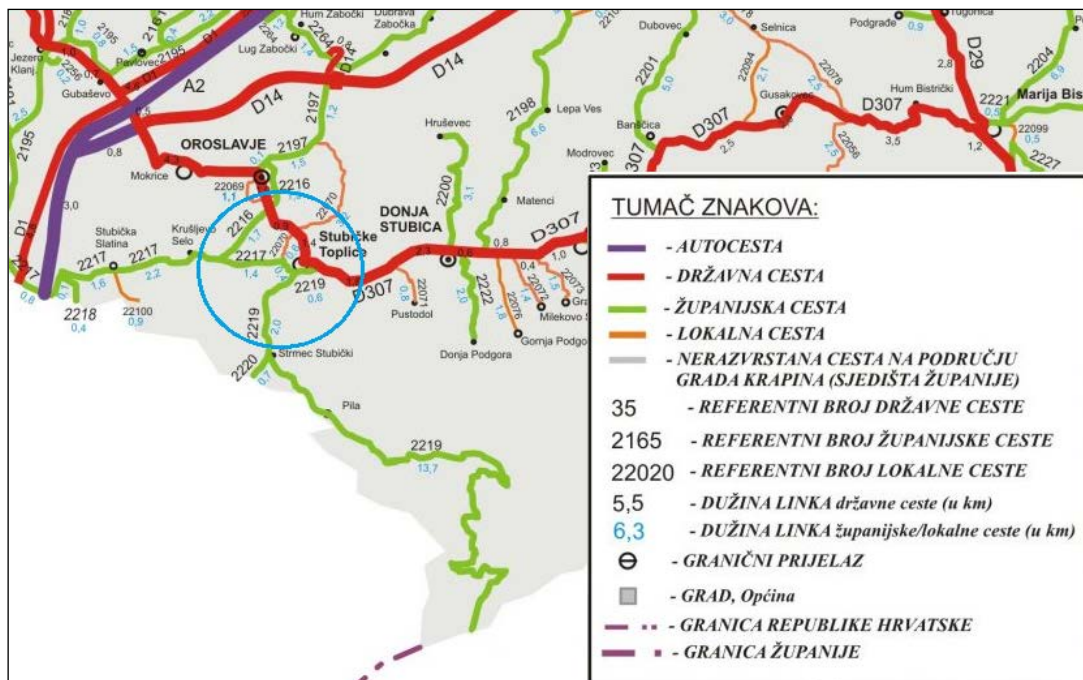
Makro zona obuhvata podrazumijeva šire područje obuhvata na kojem se nalazi promatrano raskrižje.



Slika 1: Administrativna podjela Krapinsko-zagorske županije [1]

Za makro zonu obuhvata možemo smatrati Krapinsko-zagorsku županiju te općinu Stubičke Toplice, što je prikazano na slici 1.

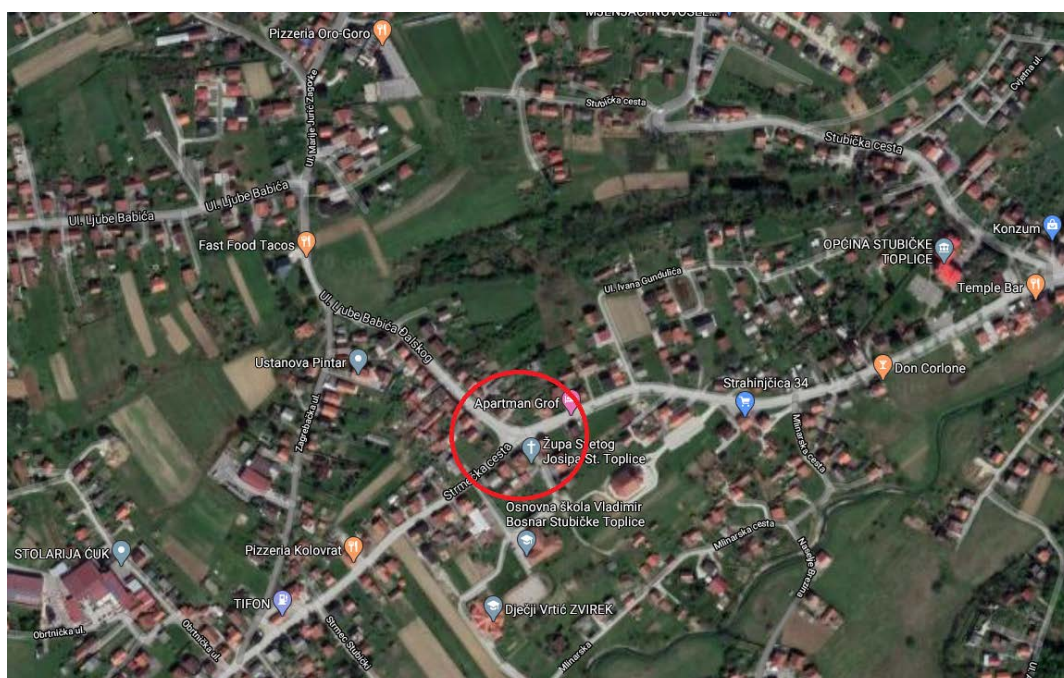
Predmetno raskrižje nalazi se na križanju južnog i zapadnog ulaza u Općinu Stubičke Toplice, tj. transverzalnog koridora županijske ceste Ž2219 (Stubičke Toplice - Pila - Hunjka - Grad Zagreb) i longitudinalnog koridora županijske ceste Ž2217 (Žejinci - Stubička Slatina - Krušljevo Selo - Stubičke Toplice), prema tome makrolokacija će se analizirati na razini općine kako bi se dobili što točniji i precizniji podaci o stvarnom opterećenju raskrižja.



Slika 2: Prikaz obuhvata na karti javnih cesta Krapinsko-zagorske županije [2]

2.2. DEFINIRANJE MIKRO ZONE OBUHVATA

Za mikro zonu obuhvata možemo smatrati raskrižje Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste, što je prikazano na slici 3.



Slika 3: Prikaz mikro zone obuhvata [3]

Postojeće stanje raskrižja je klasično nesemaforizirano četverokrako raskrižje s obostranim nogostupom. Glavni smjer u smislu odvijanja prometa je Ulica Ljube Babića Đalskog (sjeveroistočni i sjeverozapadni privoz), promet se odvija dvosmjerno na svim privozima osim jugoistočnog koji je jednosmjernan smjeru jugoistoka te nema izlaz u predmetno raskrižje.

S obzirom na to da se promatrano raskrižje nalazi u širem urbaniziranom centru općine Stubičke Toplice te se u blizini nalaze objekti edukacijske, ugostiteljske i drugih namjena, prilikom prometnog planiranja potrebno je uzeti u obzir broj kako motoriziranog tako i nemotoriziranog prometa.



Slika 4: Prikaz predmetnog raskrižja – sjeveroistočni privoz [21]



Slika 5: Prikaz predmetnog raskrižja – jugoistočni privoz [21]



Slika 6: Prikaz predmetnog raskrižja – jugozapadni privoz [21]



Slika 7: Prikaz predmetnog raskrižja – sjeverozapadni privoz [21]

Na prethodnim slikama (slike 4, 5, 6, 7) prikazan je pogled na predmetno raskrižje sa svakog privoza.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analizom postojećeg stanja prikupljamo i analiziramo podatke za područje definiranog obuhvata koje ćemo koristiti za prometnu prognozu i izradu prijedloga prometnog rješenja. Preporučeni sadržaj analize je [4]:

- ispitivanje cjelokupne prometne mreže na području obuhvata s obzirom na njezinu zadaću i funkciju;
- utvrđivanje topografskih, urbanističkih i prometnih značajki područja obuhvata;
- snimanje prometa za sve vrste vozila, uključivši javni i pješački promet;
- utvrđivanje stanja izgrađenosti (urbanističke prilike, preglednost prometnica, vođenje trase, stanje kolnika i sl.);
- utvrđivanje broja prometnih nezgoda (uzrok, mjesto, vrijeme, učestalost).

Budući da je svaka analiza, kao i prometni projekt, specifična na svoj način te postoji niz čimbenika prema kojima se grupiraju podaci, tako je za potrebu ovog rada analiza postojećeg stanja podijeljena na:

- Analiza prostorno-planske dokumentacije;
- Analiza sigurnosti prometa;
- Brojanje prometa i analiza prometnog opterećenja.

S obzirom na široki raspon podataka potreban je ozbiljan pristup prilikom prikupljanja i analize istih kako bi se dobili što vjerodostojniji rezultati koji će se koristiti za sljedeću fazu izrade prometnog planiranja – prometnu prognozu.

3.1. ANALIZA PROSTORNO-PLANSKE DOKUMENTACIJE

Prostornim planovima se uređuje organizacija, korištenje i namjena prostora te određuju uvjeti za uređenje, unaprjeđenje i zaštitu prostora Države, županija, gradova i općina, sukladno s načelima prostornog uređenja.

Prostornim planovima propisuju se uvjeti za građenje građevina i provedbu drugih zahvata u prostoru na određenoj razini i/ili lokaciji u skladu s kojima se izdaje akt za provedbu prostornog plana, smjernice za izradu prostornih planova užih područja i mjere za urbanu sanaciju ako su potrebne [5].

Razine prostornih planova [5]:

1. Prostorni planovi državne razine su:
 - Državni plan prostornog razvoja;
 - Prostorni plan nacionalnog parka;
 - Urbanistički plan uređenja državnog značaja.
2. Prostorni planovi područne (regionalne) razine su:
 - Prostorni plan županije;
 - Prostorni plan Grada Zagreba;
 - Urbanistički plan uređenja županijskog značaja.
3. Prostorni planovi lokalne razine su:
 - Prostorni plan uređenja grada ili općine;
 - Generalni urbanistički plan;
 - Urbanistički plan uređenja.

Prostorni plan obvezno sadrži odredbe za provedbu prostornog plana, grafički dio i obrazloženje.

Odredbe za provedbu prostornog plana, u obliku pravne norme, odvojeno sadrže odredbe kojima se propisuju uvjeti provedbe zahvata u prostoru od smjernica za izradu prostornih planova užih područja i od mjera za urbanu sanaciju, ako su takve mjere potrebne.

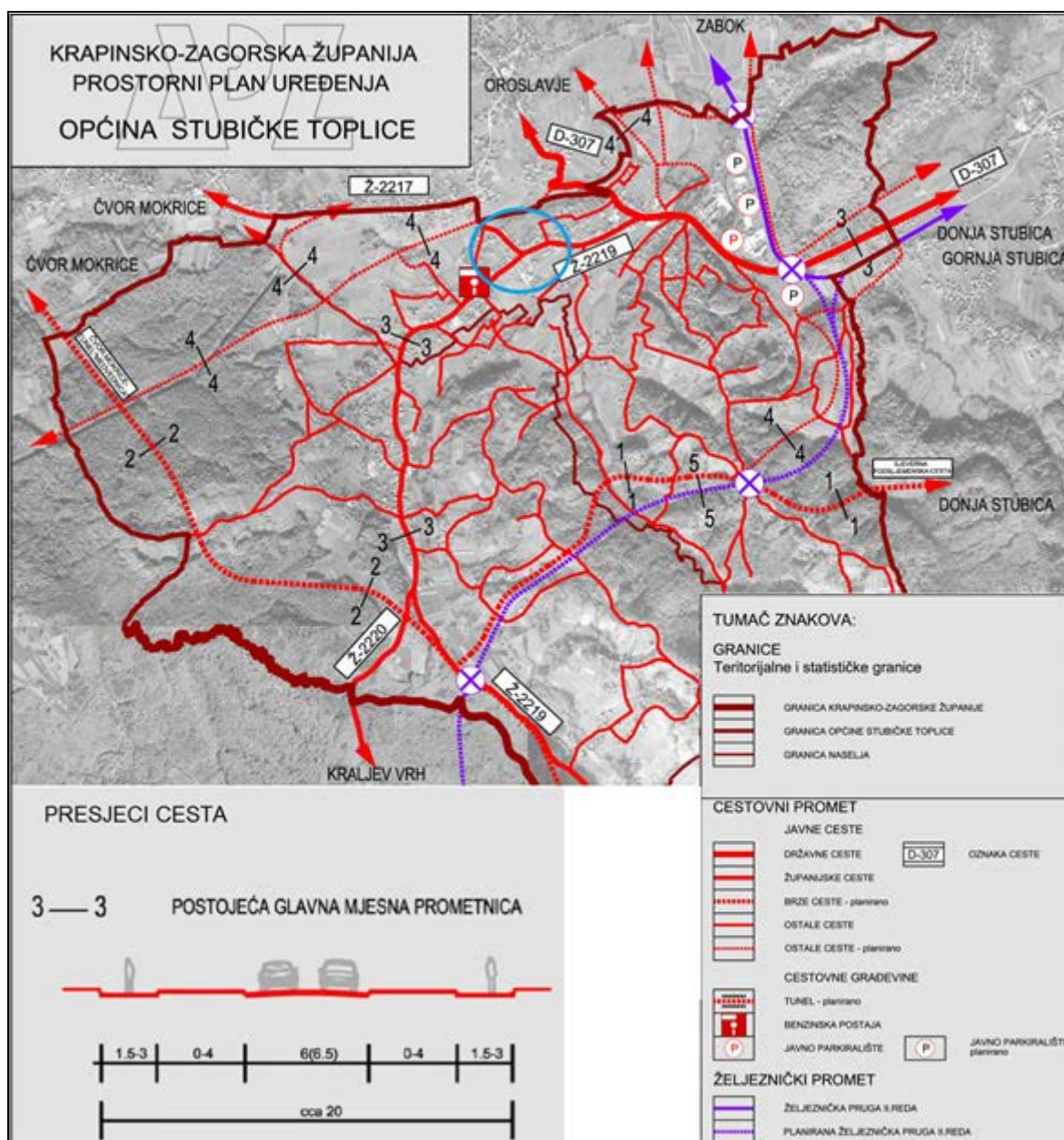
Grafički dio prostornog plana sastoji se od kartografskih prikaza na koje upućuju odredbe za provedbu prostornog plana.

Obrazloženje prostornog plana sadrži polazišta (analizu) i ciljeve prostornog uređenja te obrazloženje planskih rješenja [5].

Kod izrade prometnog projekta najvažniji dio prostornog plana su opis i prikaz prometne infrastrukture iz kojih je moguće vidjeti koridore postojećih javnih cesta s eventualnim koridorima za proširenje, koridore planiranih javnih cesta te njihove poprečne presjeke s definiranim dimenzijama elemenata unutar koridora, na području obuhvata prostornog plana.

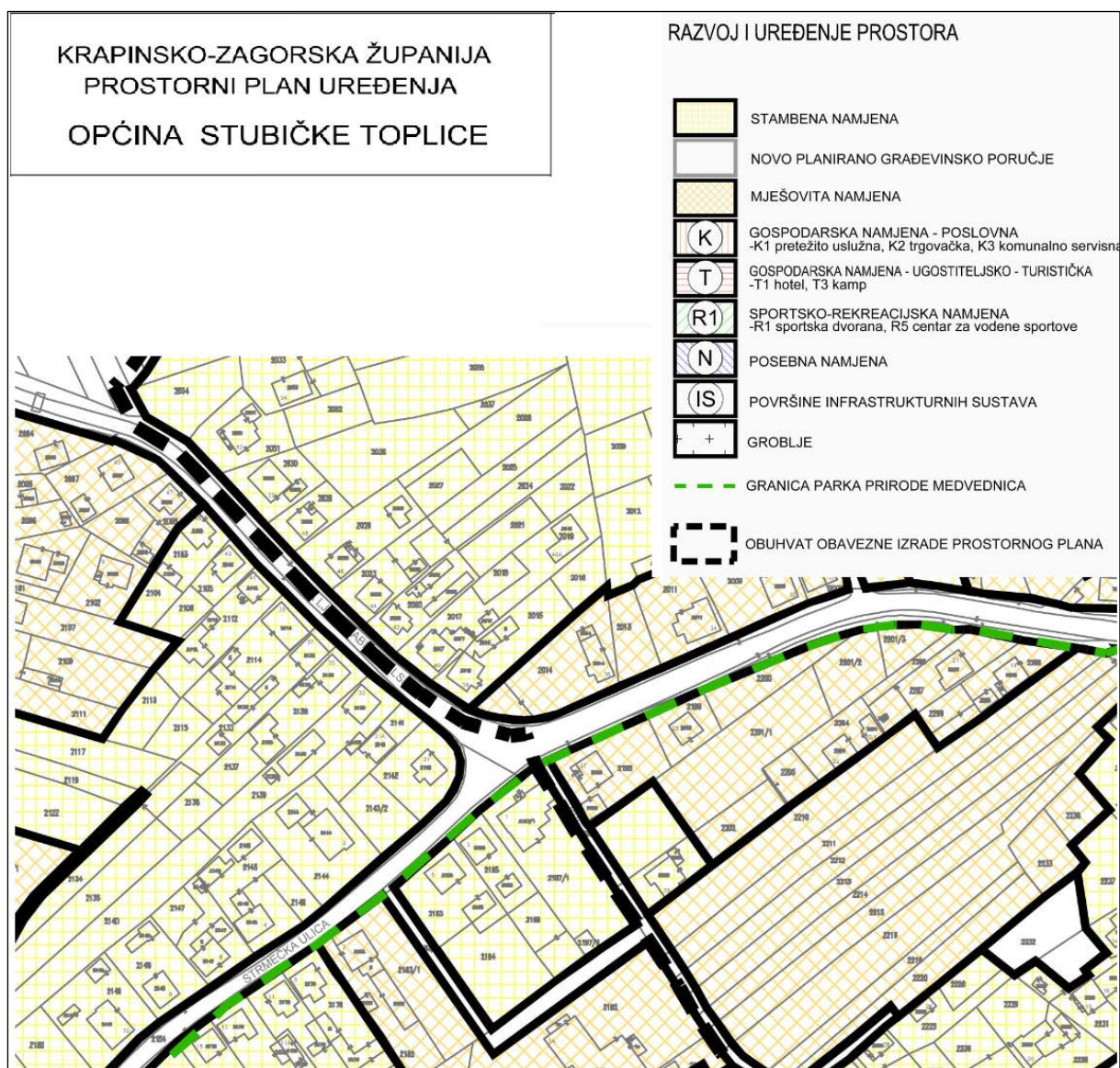
Kod projektiranja novih prometnica potrebno je uzeti u obzir prostorno-planski opis, prikaz korištenja i namjene prostora te komunalne infrastrukture koja će se projektirati i izvoditi u sklopu buduće prometnice.

Za područje Općine Stubičke Toplice, a time i raskrižja Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste vrijedi Prostorni plan uređenja (PPU) Općine Stubičke Toplice (Službeni glasnik Krapinsko-zagorske županije br. 10/09 te njegove izmjene i dopune objavljene u Službenom glasniku Krapinsko-zagorske županije br. 15/10, 17/13, 19/14 i 20/16.



Slika 8: Prostorni plan uređenja – promet [6]

Na slici 8 prikazan je izvadak Prostornog plana uređenja prometne infrastrukture Općine Stubičke Toplice za predmetno raskrižje. Iz izvotka se može vidjeti kako se radi o raskrižju županijskih cesta Ž2217 (Ulice Ljube Babića Đalskog) i Ž2219 (Strmečka cesta) te da se na njima odnosi presjek ceste 3-3 (postojeća glavna mjesna prometnica). Iz presjeka se može vidjeti kako se radi o dvotračnoj prometnici minimalne širine 6,0 (6,5) m, s dvostranim nogostupom minimalne širine 1,5 m, a navedene dimenzije potrebno je poštivati prilikom izrade prometnog projekta.



Slika 9: Prostorni plan uređenja – građevna područja [7]

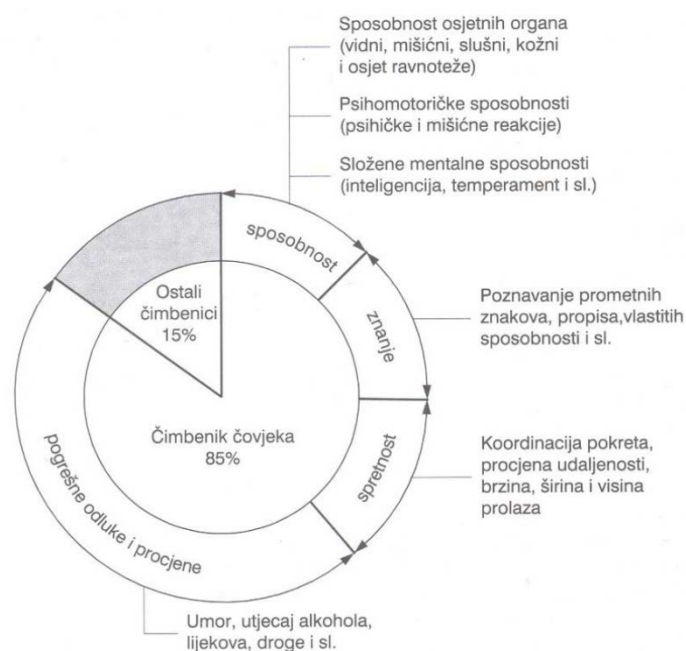
Na slici 9 prikazan je izvadak Prostornog plana uređenja građevnog područja Općine Stubičke Toplice za predmetno raskrižje. Iz izvotka se može vidjeti kako u zoni raskrižja nema predviđenih koridora za proširenje te je sve radove potrebno predvidjeti unutar postojećih parcela prometnica. Prostorna ograničenja su bitan čimbenik prilikom projektiranja unutar urbaniziranih područja te mogu biti presudna kod odabira varijanti prometnog projekta.

3.2. ANALIZA SIGURNOSTI PROMETA

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Da bi se povećala sigurnost prometa, potrebno je provesti brojne mjere, čiji je cilj otklanjanje odnosno smanjenje opasnosti. Analizirajući moguće uzroke, opasnost od nastanka prometnih nezgoda u cestovnom prometu može se pojednostavljeno promatrati kroz pet čimbenika koji čine sustav, kako slijedi [8]:

- čovjek;
- vozilo;
- cesta;
- promet na cesti;
- incidentni čimbenik

Kao što je prikazano na slici 10, prosječno se smatra da je za oko 85 % nezgoda kriv čovjek, a svi ostali čimbenici čine 15%.



Slika 10: Prostorni plan uređenja – građevna područja [8]

Čovjek kao vozač u prometu svojim osjetilima prima obavijesti vezane za prilike na cesti te, uzevši u obzir vozilo i promete propise, određuje način kretanja vozila te se smatra najvažnijim čimbenikom. Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu [8]:

- osobne značajke vozača (sposobnost, stajališta, temperament, osobne crte, karakter);
- psihofizička svojstva (funkcije organa osjeta, psihomotoričke i mentalne sposobnosti);
- obrazovanje i kultura (poznavanje zakona i propisa, kretanja vozila, vlastitih sposobnosti).

Prema statističkim podacima, za 3-5 % prometnih nezgoda smatra se da im je uzrok tehnički nedostatak na vozilu. Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa mogu se podijeliti na [8]:

- aktivne (kočnice, upravljački mehanizam, gume, svjetlosni i signalni uređaji, uređaji koji povećavaju vidno polje vozača, konstrukcija sjedala, spojleri, uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila, vibracije vozila, buka);
- pasivne (karoserija, vrata, sigurnosni pojasevi, nasloni za glavu, vjetrobranska stakla i zrcala, položaj motora, spremnika, rezervnoga kotača i akumulatora, odbojnik, sigurnosni zračni jastuk).

U aktivne elemente sigurnosti ubrajaju se ona tehnička rješenja vozila čija je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nezgode, dok se u pasivne elemente ubrajaju rješenja koja imaju zadaću, u slučaju nastanka prometne nezgode, ublažiti posljedice nezgode [8].

Tehnički nedostaci ceste često su uzrok nastanka prometnih nezgoda, a oni mogu nastati pri projektiranju cesta i pri njihovoj izvedbi. Cestu kao čimbenik sigurnosti prometa obilježuju [8]:

- trasa ceste;
- tehnički elementi ceste;
- stanje kolnika;
- oprema ceste;
- rasvjeta ceste;
- križanja;
- održavanje ceste.

Čimbenik „promet na cesti“ obuhvaća provedbu prometnih propisa, upravljanje i kontrolu prometa. Sastoji se od tri podčimbenika [8]:

- Organizacija prometa – obuhvaća prometne propise i tehnička sredstva za organizaciju prometa;
- Upravljanje prometom – obuhvaća način i tehniku upravljanja cestovnim prometnicama;
- Kontrola prometa – obuhvaća način kontrole prometa te ispitivanje i statistiku prometnih nezgoda.

Incidentni čimbenik obuhvaća atmosferske prilike i druge elementi (npr. trag ulja na kolniku, nečistoća, divljač i sl.) čije se djelovanje pojavljuje na neočekivan i neustavan način te predstavljaju zapreku sigurnom odvijanju prometa. U atmosferske utjecaje koji djeluju na sigurnost prometa mogu se ubrojiti: kiša, poledica, snijeg, magla, vjetar i sl. [8].

Budući da je iznimno teško prikupiti podatke čimbenika čovjek (vozač) i vozilo, a na incidentni čimbenik se ne može utjecati, za detaljniju analizu ostaju čimbenici „cesta“ i „promet na cesti“. Analiza obuhvaća provjeru građevinsko-tehničkih elemenata, analizu prometnih tokova te prometnih nesreća raskrižja Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama.

3.2.1. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnuo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta [9].

Cesta je svaka javna cesta, ulice u naselju i nerazvrstane ceste na kojima se obavlja promet [9].

Vozilo je svako prijevozno sredstvo namijenjeno za kretanje po cesti, osim dječjih prijevoznih sredstava, prijevoznih sredstava na osobni ili motorni pogon za osobe s invaliditetom ili starije osobe, ako se pri tom ne kreću brzinom većom od brzine ljudskog hoda. [9].

Prema domaćim i međunarodnim iskustvima jedan od najučinkovitijih načina povećanja sigurnosti cestovnog prometa je identifikacija i sanacija opasnih mjesta. U Republici Hrvatskoj trenutno se za identifikaciju opasnih mjesta koristi „Metodologija pristupa sigurnosti prometa“ koju su 2004. godine izradile Hrvatske ceste d.o.o. i Institut građevinarstva Hrvatske d.d. Prema navedenoj metodologiji, opasnim mjestom može se nazvati raskrižje ili odsječak ceste duljine do 300 m, odnosno opasnom dionicom može se nazvati dio ceste duljine od 300 do 1000 m, uz uvjet da udovoljavaju jednom od sljedeća tri kriterija [10]:

- ako se na kritičnoj lokaciji u prethodne 3 godine dogodilo 12 ili više prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama;
- ako je u prethodne tri godine na promatranoj lokaciji evidentirano 15 ili više prometnih nesreća, bez obzira na posljedice;
- ako su se na kritičnoj lokaciji, u prethodne 3 godine, dogodile tri ili više istovrsnih prometnih nesreća, u kojima su sudjelovale iste skupine sudionika, s istim pravcima kretanja, na istim konfliktnim površinama i dr.

U tablici 1 prikazana je statistika prometnih nesreća na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama u vremenskom periodu od 01.01.2015. do 31.12.2019., dobivena od Policijske uprave krapinsko-zagorske.

Tablica 1: Statistika prometnih nesreća za predmetno raskrižje [11]

| Statistika prometnih nesreća na raskrižju Ul. Lj. B. Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama u vremenskom periodu od 01.01.2015. do 31.12.2019. | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------|
| Datum nesreće | Vrijeme nesreće | Pogreška | Posljedice nesreće |
| 15.05.2016. | 12:30 | radnja vozilom | materijalna šteta |
| 06.05.2017. | 20:55 | prednost prolaska | materijalna šteta |
| 09.06.2017. | 11:55 | radnja vozilom uključivanja u promet | materijalna šteta |
| 22.11.2018. | 19:25 | neprikladna brzina | materijalna šteta |

Analizom dobivenih podataka utvrđeno je kako su se na predmetnoj lokaciji u prethodne 3 godine (2017.-2019.) dogodile tri prometne nesreće s materijalnom štetom koje nisu u potpunosti istovrsne. Prema navedenim kriterijima navedeno raskrižje se ne može smatrati opasnim mjestom, ali se predlaže provjera prometne opreme i signalizacije te preglednosti raskrižja kako bi se broj prometnih nesreća sveo na minimum tj. eliminirao u potpunosti.

3.2.2. ANALIZA STANJA I OPREME CESTE

Upravitelj cesta (u ovom slučaju ŽUC Krapinsko-zagorske županije) u obvezi je osigurati da se prilikom održavanja cesta omogućí siguran promet na njima, da se očuvaju temeljna svojstva i poboljšaju njihove prometne, tehničke i sigurnosne značajke, zaštite od štetnog utjecaja cestovnog prometa, te da se očuva njihov okoliš i uredan izgled [12].

Održavanje cesta sastoji se od radova na redovnom održavanju cesta i radova na izvanrednom održavanju cesta. Prednost planiranja radova na redovnom održavanju bazira se prema stanju kolnika i u skladu sa Zakonom o cestama i Pravilnikom o održavanju cesta, dok se radovi izvanrednog održavanja cesta mogu izvoditi samo na temelju projekta koji se obvezno izrađuje za provedbu takvog održavanja te u skladu s Pravilnikom o održavanju cesta [12].

Pod redovitim održavanjem cesta podrazumijevaju se osobito sljedeći poslovi [12]:

- nadzor i pregled cesta i objekata;
- redovito održavanje prometnih površina;
- redovito održavanje bankina, pokosa i vegetacije;
- redovito održavanje sustava odvodnje;
- redovito održavanje prometne signalizacije i opreme;
- osiguranje preglednosti;
- čišćenje ceste;
- redovito održavanje cestovnih objekata, naprava i uređaja;
- interventni radovi;
- zimska služba.

Izvanredno održavanje spada u grupu zahtjevnijih i opsežnijih radova održavanja cesta, a temeljni im je cilj dugotrajnije uređenje i poboljšanja pojedinih dijelova ceste bez izmjene njenih tehničkih elemenata, osiguranja sigurnosti, stabilnosti i trajnosti ceste i cestovnih objekata i povećanja sigurnosti prometa. Radovi izvanrednog održavanja izvode se povremeno, a njihov opseg vezan je za stupanj dotrajalosti ili oštećenja ceste [12].

Prometni znakovi, signalizacija i oprema na cestama su sredstva i uređaji koji sudionike u prometu upozoravaju na opasnost, definiraju zabrane, ograničenja i obaveze te pružaju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan promet. Prometne znakove, signalizaciju i opremu na cestama čine [13]:

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

Namjena, vrsta, značenje, oblik, boja, dimenzije, karakteristike i postavljanje prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama, koje se koriste za cestovni promet propisana je Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama [13].

Prema pravilniku grupe prometnih znakova dijele se na [13]:

- znakovi opasnosti (A);
- znakovi izričitih naredbi (B);
- znakovi obavijesti (C);
- znakovi obavijesti za vođenje prometa (D);
- dopunske ploče (E);
- promjenjivi prometni znakovi (F).



Slika 11: Prikaz stanja ceste i opreme - sjeveroistočni privoz [21]

Na slici 10 prikazan je sjeveroistočni privoz predmetnog raskrižja - Ulica Ljube Babića Đalskog. Ulica je izvedena kao dvosmjerna s tri kolnička traka ukupne širine 9,2 m te dvostranim nogostupom širine 1,6 i 2,2 m. Nogostup je deniveliran od kolnika za +12 cm betonskim rubnjacima dimenzija 18/24 te omeđen betonskim rubnjacima dimenzija 8/20 cm. Na pozicijama kolnih ulaza i pješačkih prijelaza izvedeni su upušteni rubnjaci dimenzija 18/24 denivelirani od kolnika za +2 cm.

Postojeći kolnik u zoni raskrižja je oštećen, deniveliran poprečnim i uzdužnim pukotinama te predstavlja opasnost u odvijanju prometa. Oštećenja kolnika nastala su radi pogrešno dimenzionirane postojeće kolničke konstrukcije.

Od horizontalne signalizacije izvedene su razdjelne linije širine 15 cm, rubne linije širine 10 cm te otoci za razdvajanje prometnih tokova označeni kosim linijama u ravnini kolnika. Od vertikalne signalizacije izvedeni su prometni znakovi C06 (cesta s prednošću prolaska), D03 (raskrižje kružnog oblika), D07 (putokazna ploča) i E14 (dopunska ploča glavnog smjera).



Slika 12: Prikaz stanja ceste i opreme - jugoistočni privoz [21]

Na slici 12 prikazan je jugoistočni privoz predmetnog raskrižja – odvojak ulice Ljube Babića Đalskog. Ulica je izvedena kao jednosmjerna s kolničkim trakom širine 4,7 m te je omeđena betonskim zidom i bankinom. Ulica se koristi kao prilaz osnovnoj školi i dječjem vrtiću.

Postojeći kolnik u zoni raskrižja je oštećen, deniveliran poprečnim i uzdužnim pukotinama te predstavlja opasnost u odvijanju prometa. Oštećenja kolnika nastala su radi pogrešno dimenzionirane postojeće kolničke konstrukcije.

Horizontalna signalizacija nije izvedena, a od vertikalne signalizacije izvedeni su prometni znakovi C05 (cesta s jednosmjernim prometom) te C28 (područje smirenog prometa).



Slika 13: Prikaz stanja ceste i opreme - jugozapadni privoz [21]

Na slici 13 prikazan je jugozapadni privoz predmetnog raskrižja – Strmečka cesta. Ulica je izvedena kao dvosmjerna s dva kolnička traka širine 6,2 m te dvostranim nogostupom širine 1,7 i 2,4 m. Nogostup je deniveliran od kolnika za +12 cm betonskim rubnjacima dimenzija 18/24 te omeđen betonskim rubnjacima dimenzija 8/20 cm. Na pozicijama kolnih ulaza i pješačkih prijelaza izvedeni su upušteni rubnjaci dimenzija 18/24 denivelirani od kolnika za +2 cm.

Postojeći kolnik u zoni raskrižja je oštećen, deniveliran poprečnim i uzdužnim pukotinama te predstavlja opasnost u odvijanju prometa. Oštećenja kolnika nastala su radi pogrešno dimenzionirane postojeće kolničke konstrukcije.

Od horizontalne signalizacije izvedene su razdjelne linije širine 12 cm, rubne linije širine 10 cm te otoci za razdvajanje prometnih tokova označeni kosim linijama u ravnini kolnika.

Od vertikalne signalizacije izvedeni su prometni znakovi B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska), C02 (pješački prijelaz), D03 (raskrižje kružnog oblika) i D07 (putokazna ploča).



Slika 14: Prikaz stanja ceste i opreme - sjeverozapadni privoz [21]

Na slici 14 prikazan je sjeverozapadni privoz predmetnog raskrižja - Ulica Ljube Babića Đalskog. Ulica je izvedena kao dvosmjerna s dva kolnička traka širine 8,3 m te dvostranim nogostupom širine 1,5 i 1,7 m. Nogostup je deniveliran od kolnika za +12 cm betonskim rubnjacima dimenzija 18/24 te omeđen betonskim rubnjacima dimenzija 8/20 cm. Na pozicijama kolnih ulaza i pješačkih prijelaza izvedeni su upušteni rubnjaci dimenzija 18/24 denivelirani od kolnika za +2 cm.

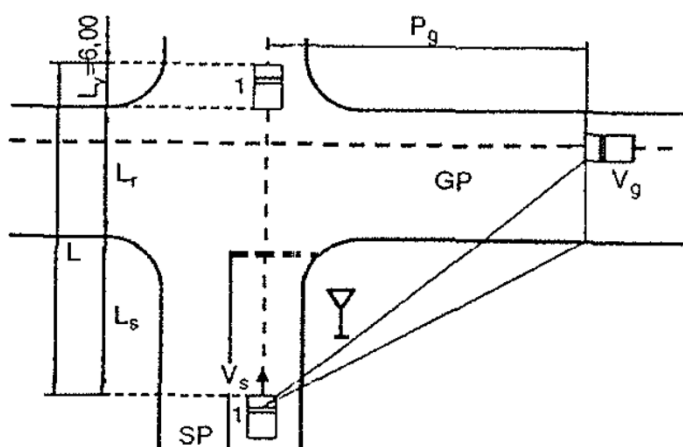
Postojeći kolnik u zoni raskrižja je oštećen, deniveliran poprečnim i uzdužnim pukotinama te predstavlja opasnost u odvijanju prometa. Oštećenja kolnika nastala su radi pogrešno dimenzionirane postojeće kolničke konstrukcije.

Od horizontalne signalizacije izvedene su razdjelne linije širine 12 cm, rubne linije širine 10 cm te otoci za razdvajanje prometnih tokova označeni kosim linijama u ravnini kolnika. Od vertikalne signalizacije izvedeni su prometni znakovi B30 (ograničenje brzine), C02 (pješački prijelaz), C03 (djeca na cesti), C06 (cesta s prednošću prolaska), D03 (raskrižje kružnog oblika), D07 (putokazna ploča) i E14 (dopunska ploča glavnog smjera).

3.2.3. ANALIZA PROMETNE PREGLEDNOSTI

U široj zoni raskrižja mora biti osigurana odgovarajuća površinska i prostorna preglednost. Pravodobno uočavanje te jasno prepoznavanje stanja na raskrižju od presudnog je značaja za prometnu sigurnost. Vozač treba pravovremeno prepoznati moguće konflikte i prosuditi na koje ih načine izbjeći [14].

U pogledu vizualizacije može se pomoću centralne projekcije provjeriti da li je projektno rješenje korektno u odnosu na okoliš i sigurnost prometa. Pretpostavka je da se centar projekcije s položajem u oku vozača nalazi u kritičnoj točki pred opasnim mjestom u raskrižju. Optimizacija se može postići postavljanjem signalizacije ili drugih vizualnih informacija koje će bolje najaviti opasno mjesto [14].



Slika 15: Pretpostavke za prostornu preglednost [14]

Tablica 2 Potrebne duljine za dostatnu preglednost [14]

| Prometna radnja | Duljina preglednosti P_g [m] | | | | | Duljina doglednosti L_g [m] | | |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| | Brzina vozila V_g [km/h] | | | | | sa STOP $V_s = 0$ | bez znaka STOP | |
| | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | | u naselju $V_s = 10 - 20$ | izvan naselja $V_s = 40$ km/h |
| | 85 | 105 | 125 | 165 | 210 | 4 | 13 | 50 |
| | 50 | 75 | 105 | 185 | 240 | 4 | 10 | 40 |
| | 60 | 90 | 120 | 200 | 270 | 4 | 13 | 50 |

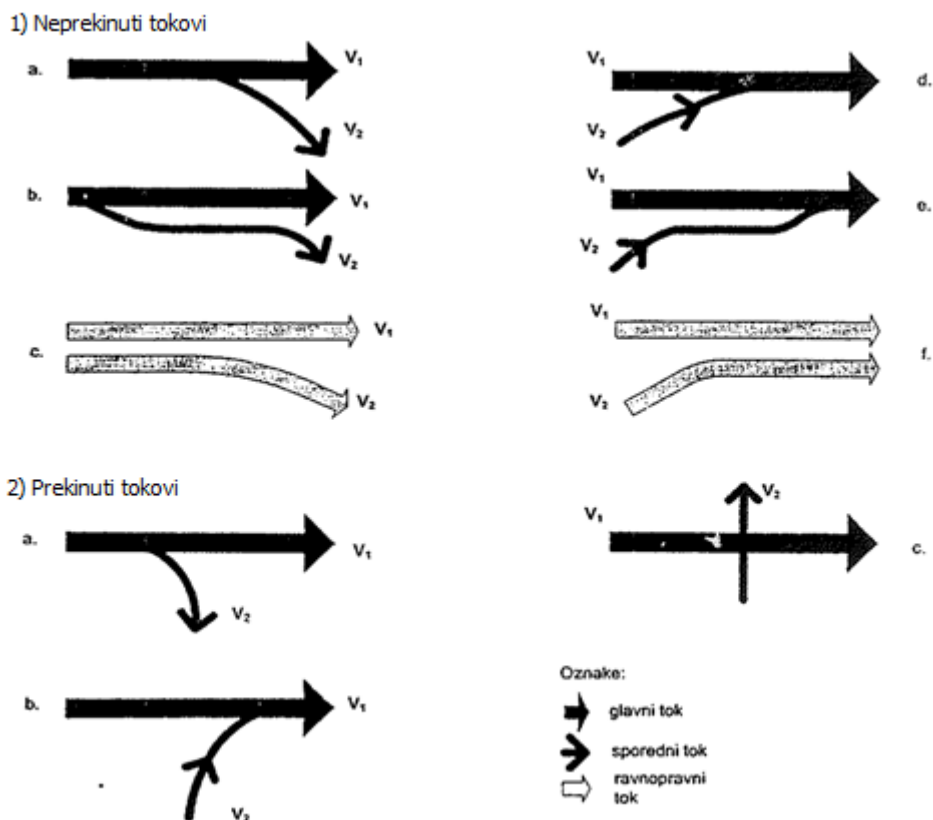
Navedene veličine trebaju se smanjiti približno 10% za neznatan promet na SP, odnosno povećati 25-50% za velik udio teretnih vozila na SP i znatniji nagib glavne ceste ($s_g \geq 3\%$)

Analizirajući podatke iz tablice jasno je da na privozima raskrižju nije ostvarena dostatna duljina preglednosti za brzinu od 40 km/h koja iznosi 50 i 60 m. Budući da se radi o urbaniziranom području, preglednost je smanjena zbog prostornih ograničenja jer se uz prometnu površinu nalaze ograde privatnih parcela. Iz aspekta sigurnosti prometa potrebno je smiriti promet u zoni raskrižja kako bi se postigla prihvatljiva preglednost, a time i sigurniji prolazak kroz isto.

3.2.4. ANALIZA PROMETNIH TOKOVA U RASKRIŽJU

Način vođenja prometnih tokova u području raskrižja je najvažniji činitelj koji determinira različitost u prometnim radnjama. Prometni tokovi se razlikuju po svojoj prirodi odvijanja i općenito se u zoni raskrižja dijele na [14]:

- neprekinute prometne tokove;
- prekinute prometne tokove.



Slika 16: Vrste prometnih tokova [14]

Neprekinuti prometni tok - s uvjetima vožnje pod kojima se vozilo u prijelazu dionice ceste ili prometnog traka mora zaustaviti samo zbog čimbenika unutar prometnog toka. U ovim se slučajevima prometni tokovi dijele ili sjedinjuju s podjednakim brzinama ($V_1 = V_2$) pod ostrim kutom, bez zaustavljanja. Zbog velikih brzina i dugačkih putanja vozila, ovakvi potezi su neprikladni za uvođenje svjetlosnih signalnih uređaja te se za potrebnu razinu prometne sigurnosti moraju osigurati dovoljne preglednosti uz pomoć dobro odmjerenih projektnih elemenata [14].

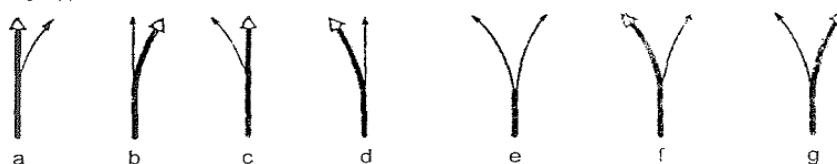
Prekinuti prometni tok - s uvjetima vožnje pod kojima vozilo na dionici ceste odnosno prometnog traka, mora obavezno stati ispred raskrižja zbog prometnih znakova ili signala. Ovakav prometni tok može se definirati kao onaj koji se ispliće, upliće ili križa te prolazi zonom konflikta malom brzinom ili se zaustavlja ($V_1 > V_2$) pod što okomitijim kutovima i uz zahtjev jasnog reguliranja prednosti (ili podređenosti) [14].

Zona konflikata može se svesti na malu površinu s kratkim putovima vozila (što je oblikovni princip). Ovakvi slučajevi i kombinacije tokova su izrazito prikladni za uvođenje svjetlosne signalizacije (slika 16-2) [14].

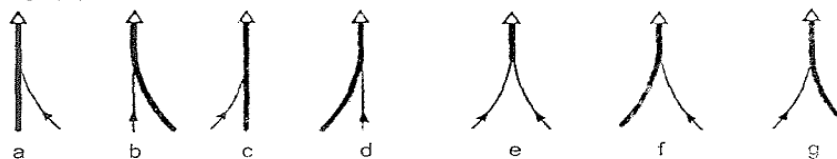
Osnovne prometne radnje (koje uzrokuju konfliktne situacije različitih stupnjeva) nastaju ponajprije zbog promjene smjera, ali i brzine jednog ili više vozila. Na slici 17 prikazane su prednosti i nedostaci prometnih radnji, po gradaciji od najlakših (isplitanje) do najopasnijih (križanje) [14]:

- isplitanje - dijeljenje prometnih tokova;
- uplitanje - sjedinjavanje prometnih tokova;
- preplitanje - međusobna izmjena prometnih trakova ili tokova;
- križanje (presijecanje) - međusobno križanje/presijecanje prometnih tokova.

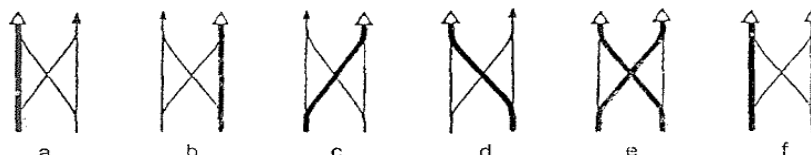
1. Isplitanje (I)



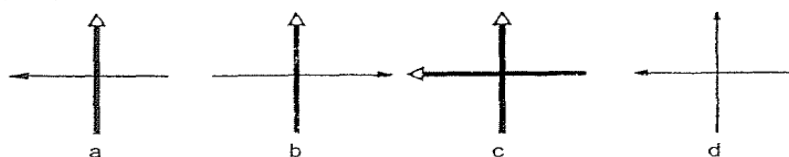
2. Uplitanje (U)



3. Preplitanje (P)



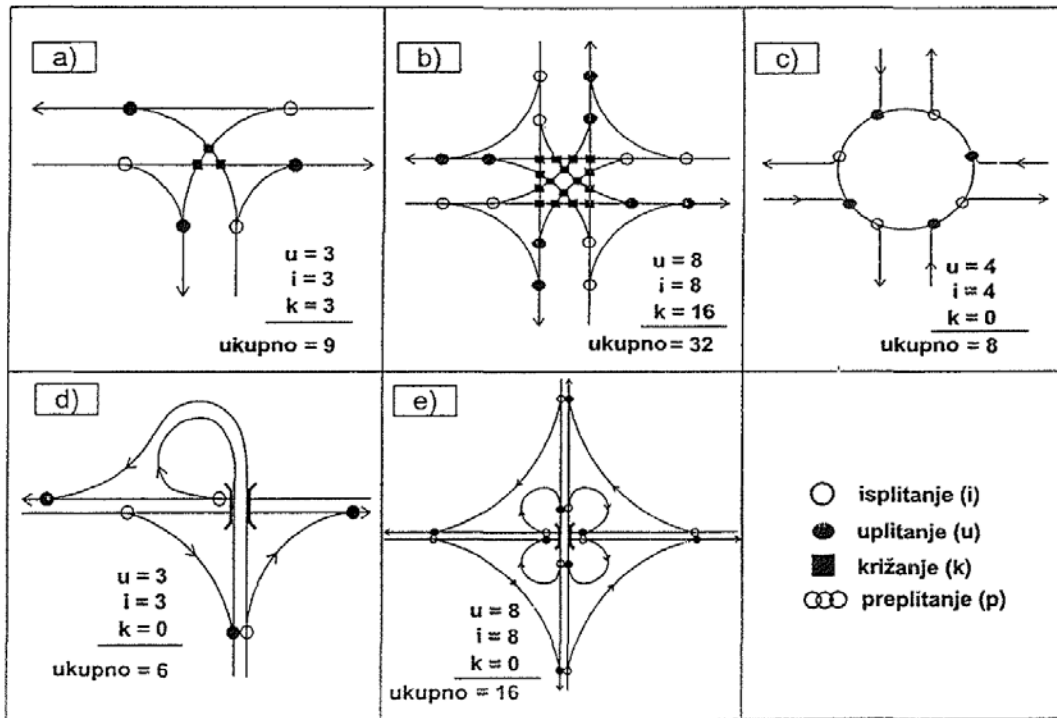
4. Križanje (K)



Slika 17: Prometne radnje (deblje linije - glavni tok, tanje linije - sporedni tok) [14]

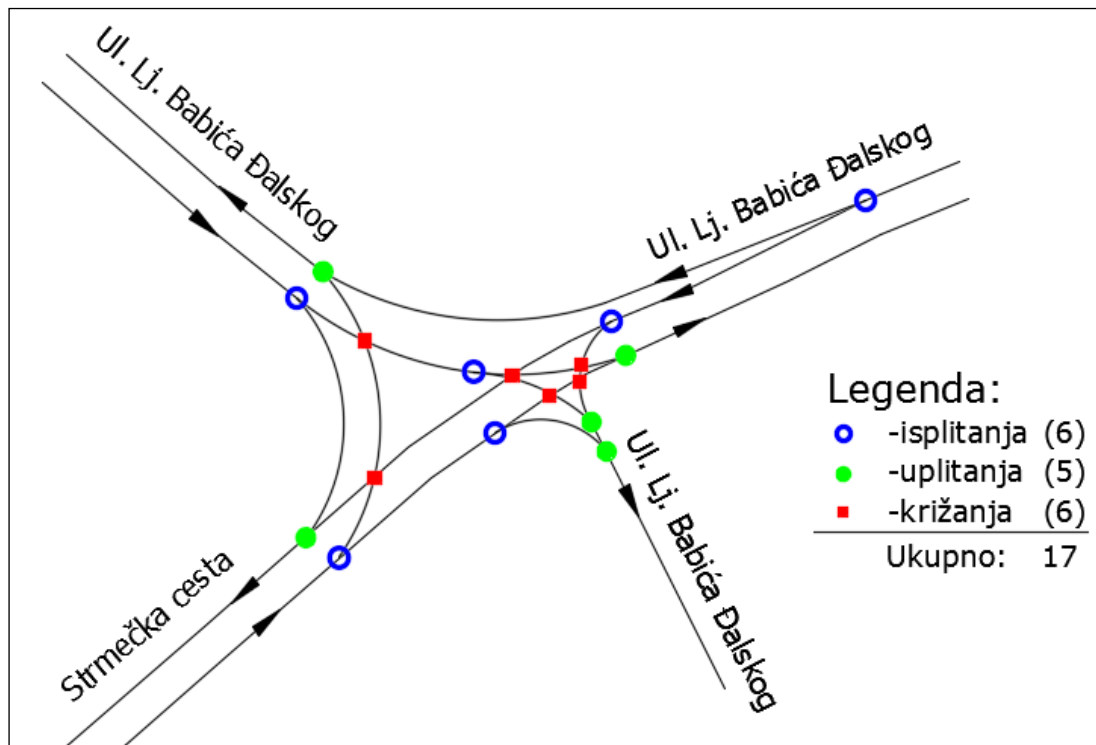
Konfliktna situacija se može definirati kao zbroj svih konfliktnih točaka koje su uzrokovane prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova na površini raskrižja (uvjetno se konfliktna točka ovdje izjednačava s četiri vrste prometnih radnji) [14].

Broj konfliktnih točaka ovisi samo o vrsti ili tipu te obliku raskrižja, a stvaran broj konflikata u znatnoj mjeri ovisan je o geometrijskom oblikovanju, o slobodnoj vidljivosti, o prometnom opterećenju i sl. [14].



Slika 18. Primjeri konfliktnih točaka u raskrižju [14]

Za napomenuti je da najveći broj konfliktnih točaka sadrže raskrižja u razini (slika 18.a,b), a manje ih je (bez križanja) u raskrižjima izvan razine (slika 18.d,e) te u raskrižjima s kružnim tokom (slika 18.c) [14].



Slika 19: Konfliktne točke u predmetnom raskrižju – postojeće stanje [Izvor: Autor]

Kao što je prikazano na slici 19, na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste postoji veliki broj konfliktnih točaka (17), od kojih je 6 križanje prometnih tokova koje se smatraju najopasnijima. U većini slučajeva križanje prometnih tokova nastaje prilikom lijevih skretanja te će se prilikom odabira modela optimizacije razmatrati mogućnosti smanjenja konfliktnih točaka kao i eliminacija prometne radnje križanja prometnih tokova.

3.3. BROJANJE PROMETA I ANALIZA PROMETNOG OPTEREĆENJA

Prometno opterećenje vrlo je važan čimbenik pri projektiranju ceste radi utvrđivanja njenih glavnih tehničkih elemenata, a dobije se brojenjem prometa (automobila, autobusa, kamiona) koji u određenom vremenskom intervalu prođe kroz promatrani presjek ceste [15].

3.3.1. BROJANJE PROMETA

Brojanjem prometa dobiva se uvid u trenutačno stanje prometa te podaci koji upućuju na potrebu rekonstrukcije, izgradnju novih prometnih pravaca ili na ostale mjere poboljšanja postojećeg i budućeg prometa. Pri ponovljenom brojanju u određenim vremenskim razmacima, koji se protežu na određeno dulje razdoblje, mogu se dobiti određene zavisnosti razvoja prometa. Brojanje prometa, odnosno prikupljanje podataka o prometu potrebno je radi [8]:

- prometnog i urbanističkog planiranja;
- planiranja perspektivne prometne mreže nekoga većeg područja ili oblikovanja nekog prometnog čvora;
- eventualne rekonstrukcije postojeće prometne mreže i izgradnje novih prometnih pravaca.

U praksi se razlikuju dvije vrste brojenja [8]:

- statičko brojenje, tj. brojenje u nekom presjeku;
- dinamičko brojenje, tj. brojenje prometnog toka.

Pri statičkom brojenju broje se vozila koja u određenom vremenskom intervalu prođu kroz određeni presjek ceste. Statičko brojenje daje podatke o opterećenju ceste, a koristi se za dimenzioniranje prometnica i križanja. Prednost statičkog brojenja je to što ne ometa promet [8].

Dinamičkim brojenjem utvrđuju se jačina, smjer i put prometnog strujanja. Glavna zadaća je utvrđivanje „izvora“ i „cilja“ pojedinih prometnih tokova [8].

Za potrebe diplomskog rada rađeno je statičko brojenje prometa koje je izvedeno u četvrtak 05.12.2019. u jutarnjim i popodnevnim satima vršnog opterećenja, od 7:00 do 8:00 sati te od 15:00 do 16:00 sati, u intervalima od 15 minuta u svakom satu. Brojanje prometa izvršeno je ručno, upisom svih vrsta vozila u brojačke listiće.

Tablica 3: Brojački listić [16]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|------------------|-----------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 1-2 | 0' - 15' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | sveukupno vozila | | 0 | | | | | |
| sveukupno EJA | | 0 | | | | | | |

Vrste vozila grupirane su prema tablici 4 s EJA koeficijentima („ekvivalent jedinici automobila“) koji predstavljaju zauzeće prometne površine u odnosu na referentno vozilo – osobni automobil kojemu je dodijeljena EJA vrijednost 1.

Tablica 4: EJA koeficijenti [8]

| Vrsta vozila | EJA |
|---------------------------|-----|
| bicikl (bic) | 0,3 |
| motocikl (mot) | 0,5 |
| osobni automobil (oa) | 1 |
| lako teretno vozilo (lt) | 1,5 |
| teško teretno vozilo (tt) | 2 |
| autobus (bus) | 2 |

Radi pojednostavljenja brojanja prometa privozi predmetnog raskrižja označeni su brojevima i prikazani na slici 20:

- Privoz 1 - Ulica Ljube Babića Đalskog (sjeveroistočni privoz);
- Privoz 2 - Ulica Ljube Babića Đalskog odvojak (jugoistočni privoz);
- Privoz 3 - Strmečka cesta (jugozapadni privoz);
- Privoz 4 - Ulica Ljube Babića Đalskog (sjeverozapadni privoz);



Slika 20: Numeriranje privoza za potrebe brojanja prometa [Izvor: Autor]

Tablica 5: Jutarnje prometno opterećenje na privozu 1 [Izvor: Autor]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 1-2 | 0' - 15' | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | 30' - 45' | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | Ukupno | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | EJA | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 |
| | sveukupno vozila | 19 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 18 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 1-3 | 0' - 15' | 37 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| | | 15' - 30' | 19 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 30 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 45' - 60' | 29 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | Ukupno | 115 | 6 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| | | EJA | 115 | 12 | 6 | 0 | 2 | 0 |
| | sveukupno vozila | 129 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 135 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|------|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 1-4 | 0' - 15' | 37 | 0 | 3 | 0 | 4 | 1 |
| | | 15' - 30' | 33 | 1 | 2 | 0 | 5 | 2 |
| | | 30' - 45' | 40 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | | 45' - 60' | 28 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 |
| | | Ukupno | 138 | 2 | 9 | 0 | 14 | 6 |
| | | EJA | 138 | 4 | 13,5 | 0 | 7 | 1,8 |
| | sveukupno vozila | 169 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 164 | | | | | | |

Tablica 6: Jutarnje prometno opterećenje na privozu 3 [Izvor: Autor]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 3-1 | 0' - 15' | 33 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 |
| | | 15' - 30' | 41 | 2 | 2 | 0 | 5 | 2 |
| | | 30' - 45' | 32 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | | 45' - 60' | 44 | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| | | Ukupno | 150 | 7 | 6 | 0 | 8 | 7 |
| | | EJA | 150 | 14 | 9 | 0 | 4 | 2,1 |
| | sveukupno vozila | 178 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 179 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 3-2 | 0' - 15' | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | 15' - 30' | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | Ukupno | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | EJA | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 |
| | sveukupno vozila | 13 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 12 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 3-4 | 0' - 15' | 27 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 23 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 25 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 45' - 60' | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 102 | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 |
| | | EJA | 102 | 4 | 7,5 | 0 | 0,5 | 0 |
| | sveukupno vozila | 110 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 114 | | | | | | |

Tablica 7: Jutarnje prometno opterećenje na privozu 4 [Izvor: Autor]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 4-1 | 0' - 15' | 47 | 1 | 6 | 0 | 3 | 0 |
| | | 15' - 30' | 27 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 |
| | | 30' - 45' | 48 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| | | 45' - 60' | 31 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| | | Ukupno | 153 | 1 | 16 | 0 | 14 | 0 |
| | | EJA | 153 | 2 | 24 | 0 | 7 | 0 |
| | sveukupno vozila | 184 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 186 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 4-2 | 0' - 15' | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | sveukupno vozila | 16 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 16 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 07:00 - 08:00 | 4-3 | 0' - 15' | 20 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | | 15' - 30' | 23 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 18 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 45' - 60' | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 82 | 3 | 4 | 0 | 3 | 0 |
| | | EJA | 82 | 6 | 6 | 0 | 1,5 | 0 |
| | sveukupno vozila | 92 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 96 | | | | | | |

Tablica 8: Poslijepodnevno prometno opterećenje na privozu 1 [Izvor: Autor]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 1-2 | 0' - 15' | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | sveukupno vozila | 12 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 12 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 1-3 | 0' - 15' | 42 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| | | 15' - 30' | 39 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 41 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 37 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | | Ukupno | 159 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| | | EJA | 159 | 8 | 6 | 0 | 2 | 0 |
| | sveukupno vozila | 171 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 175 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|------|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 1-4 | 0' - 15' | 40 | 1 | 1 | 0 | 6 | 2 |
| | | 15' - 30' | 36 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| | | 30' - 45' | 43 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 |
| | | 45' - 60' | 33 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | | Ukupno | 152 | 1 | 11 | 0 | 10 | 4 |
| | | EJA | 152 | 2 | 16,5 | 0 | 5 | 1,2 |
| | sveukupno vozila | 178 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 177 | | | | | | |

Tablica 9: Poslijepodnevno prometno opterećenje na privozu 3 [Izvor: Autor]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|------|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 3-1 | 0' - 15' | 35 | 3 | 5 | 0 | 5 | 3 |
| | | 15' - 30' | 33 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | 30' - 45' | 41 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| | | 45' - 60' | 37 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | | Ukupno | 146 | 4 | 7 | 0 | 8 | 7 |
| | | EJA | 146 | 8 | 10,5 | 0 | 4 | 2,1 |
| | sveukupno vozila | 172 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 171 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 3-2 | 0' - 15' | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | 15' - 30' | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | Ukupno | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | EJA | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 |
| | sveukupno vozila | 13 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 12 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 3-4 | 0' - 15' | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 31 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| | | 30' - 45' | 28 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 115 | 2 | 4 | 0 | 2 | 0 |
| | | EJA | 115 | 4 | 6 | 0 | 1 | 0 |
| | sveukupno vozila | 123 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 126 | | | | | | |

Tablica 10: Poslijepodnevno prometno opterećenje na privozu 4 [Izvor: Autor]

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 4-1 | 0' - 15' | 42 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 |
| | | 15' - 30' | 25 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| | | 30' - 45' | 41 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | | 45' - 60' | 31 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| | | Ukupno | 139 | 1 | 6 | 0 | 9 | 0 |
| | | EJA | 139 | 2 | 9 | 0 | 4,5 | 0 |
| | sveukupno vozila | 155 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 155 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 4-2 | 0' - 15' | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15' - 30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45' - 60' | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | sveukupno vozila | 10 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 10 | | | | | | |

| Vrijeme | Smjer | 15' - int | OA | TT | LT | BUS | MOT | BIC |
|---------------|-------------------------|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 15:00 - 16:00 | 4-3 | 0' - 15' | 26 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| | | 15' - 30' | 28 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30' - 45' | 23 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 45' - 60' | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 102 | 3 | 4 | 0 | 3 | 0 |
| | | EJA | 102 | 6 | 6 | 0 | 1,5 | 0 |
| | sveukupno vozila | 112 | | | | | | |
| | sveukupno EJA | 116 | | | | | | |

Za privoz 2 nema izdvojenog brojanja prometa jer je privoz jednosmjernan u smislu odvijanja prometa te nema izlaz u predmetno raskrižje.

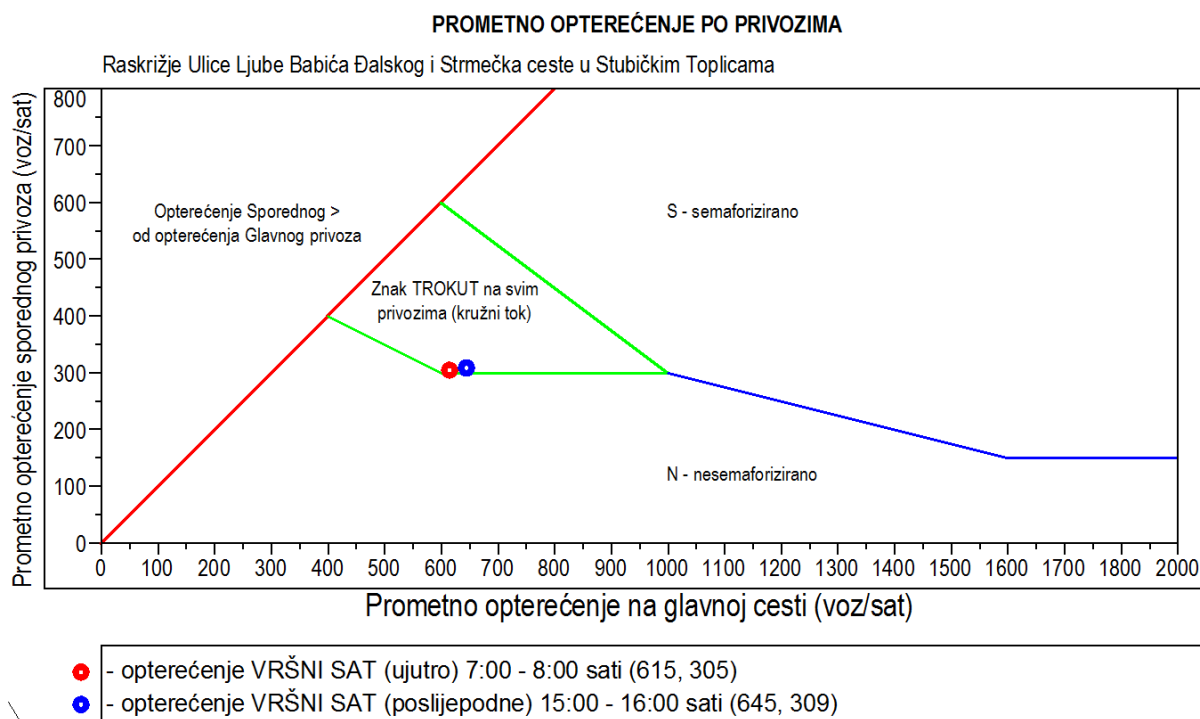
Pješački prijelazi postoje na privozima 3 i 4 te su odmaknuti od samog raskrižja, dok na privozu 2 pješački prijelaz nije označen. Pješački prijelaz na privozu 3 je za vrijeme jutarnjeg brojanja prometa (07:00 do 08:00) prešlo 19 pješaka, a u vrijeme poslijepodnevnog brojanja prometa (15:00 do 16:00) 11 pješaka. Pješački prijelaz na privozu 4 je za vrijeme jutarnjeg brojanja prometa (07:00 do 08:00) prešlo 25 pješaka, a u vrijeme poslijepodnevnog brojanja prometa (15:00 do 16:00) 14 pješaka. Neoznačeni pješački prijelaz na privozu 2 je za vrijeme jutarnjeg brojanja prometa (07:00 do 08:00) prešlo 28 pješaka, a u vrijeme poslijepodnevnog brojanja prometa (15:00 do 16:00) 21 pješak što je potrebno uzeti u obzir prilikom odabira modela optimizacije predmetnog raskrižja.

3.3.2. ANALIZA PROMETNOG OPTEREĆENJA

Iz brojanja prometa uzimaju se ulazni podaci za analizu prometnog opterećenja kojom se prema grafikonu okvirne preporuke za odabir načina upravljanja raskrižjima u razini iz Highway Capacity Manual (HCM-a), slika 21, predlaže model optimizacije predmetnog raskrižja.

Highway Capacity Manual (HCM) predstavlja standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica. Prvenstveno služi za proračune kapaciteta i razina usluga raskrižja, dionica cesta, javnog gradskog prijevoza, te pješačkog i biciklističkog prometa [17].

U navedeni grafikon (grafikon 1) uvrštavamo broj sveukupnog broj vozila opterećen EJA koeficijentom privoza 1 i 4 koji predstavlja prometno opterećenje glavnog privoza i iznosi 615 voz/sat u jutarnjem vršnom satu i 645 voz/sat u poslijepodnevnom vršnom satu, te zbroj vozila opterećen EJA koeficijentom za privoz 3 koji predstavlja sporedni privoz, a iznosi 305 voz/sat u jutarnjem vršnom satu i 309 voz/sat u poslijepodnevnom vršnom satu.



Grafikon 1: Prikaz prometnog opterećenja po privozima prema grafikonu iz HCM-a [17]

Analizom podataka iz brojanja prometa te njihovim uvrštavanjem u grafu okvirne preporuke za odabir načina upravljanja raskrižjima u razini iz Highway Capacity Manual (HCM-a) može se vidjeti kako je prema postojećem prometnom opterećenju raskrižje Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste prikladno za izgradnju kružnog raskrižja.

4. ČIMBENICI PROGNOZE PROMETA

Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze odnosno podaci na kojima se temelji prometna prognoza su [16]:

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

Navedeni podaci koriste se za izrade prometnih studija većih područja (naselja, gradova i šire), a budući da u ovom diplomskom radu obrađuje optimizacija prometnih tokova na raskrižju prometna prognoza će se napraviti prema postojećim podacima o brojanju prometa. Za prometnu prognozu predmetnog raskrižja koristit će se modeli:

- prognoza prometa primjenom pravca regresije i
- prognoza prometa korištenjem složenog kamatnog računa.

Iznimno važan podatak za prometnu analizu i prognozu je prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) koji predstavlja prosječnu, dnevnu količinu prometa u odnosu na ukupan ostvareni promet tijekom cijele godine na određenom presjeku ceste. Formula za izračun PGDP-a je:

$$PGDP = \frac{\text{Ukupan broj vozila godišnje}}{365} [\text{vozila/dan}]$$

Osim PGDP-a koristi se i prosječni ljetni dnevni promet (PLDP) koji je važan za južne dijelove Republike Hrvatske zbog izražene turističke sezone.

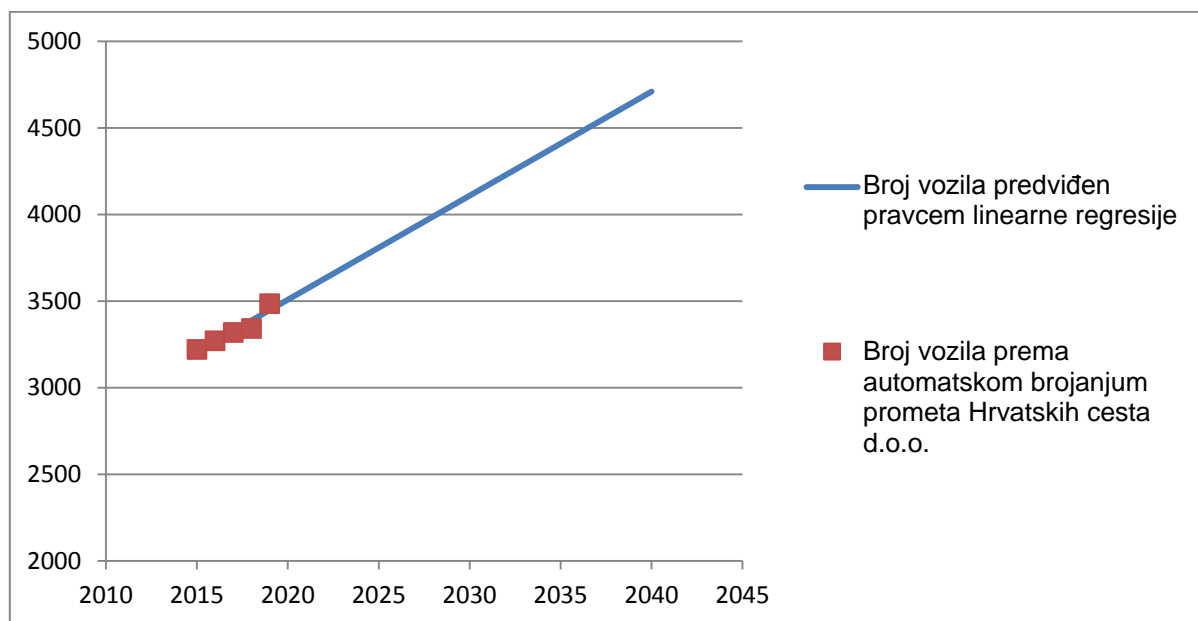
4.1. PROGNOZA PROMETA PRIMJENOM PRAVCA REGRESIJE

Za prognozu prometa primjenom pravca regresije potrebni su statistički podaci o kretanju vozila za određeno povijesno razdoblje na promatranom području. Budući da za raskrižje Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama nemamo tako precizne podatke, odabire se najbliže mjerno mjesto na kojem se svakodnevno bilježi promet radi izračuna PGDP-a. Na mreži državnih te dijelu županijskih i lokalnih cesta neprekidno brojanje prometa provodi tvrtka Hrvatske ceste d.o.o., te je za potrebe ovog diplomskog rada odabrana lokacija 1938 Stubička Slatina na županijskoj cesti Ž2217 na čijem se koridoru nalazi i Ulica Ljube Babića Đalskog. Prema podacima o brojanju prometa posljednjih pet godina, prikazanim u tablici 11 i primjenom metode pravca regresije, prognozira se promet za razdoblje od sljedećih 20 godina (od 2020 do 2040).

Tablica 11: PGDP na koridoru Ž2217 u blizini predmetnog raskrižja [18]

| 1938 Stubička Slatina - Ž2217 | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Godina | Broj vozila (voz/sat) |
| 2019 | 3486 |
| 2018 | 3342 |
| 2017 | 3319 |
| 2016 | 3271 |
| 2015 | 3221 |

Prema podacima brojanja prometa za prethodnih pet godina iz tablice 11. može se vidjeti kako je dosadašnji PGDP u konstantnom rastu te se isto očekuje za prognozirano razdoblje od 20 godina. Isto je vidljivo i iz grafikona 2 na kojem je prikazan broj vozila predviđen pravcem linearne regresije te usporedba s dosadašnjim podacima o brojanju prometa prikazanim u tablici 11 .



Grafikon 2: Prognoza prometa predviđena pravcem linearne regresije [18]

Prikazana varijabla X predstavlja godine, a varijabla Y podrazumijeva broj vozila te ako umjesto varijable X uvrstimo određenu godinu dobiti ćemo za nju predviđeni PDGP. Kako bi se utvrdilo koliko dobro procijenjeni pravac regresije opisuje korelativnu zavisnost između zavisnih varijabli dobivenih brojanjem prometa i zavisnih varijabli dobivenih jednadžbom pravca regresije, koristi se koeficijent determinacije R^2 . Vrijednosti koeficijenta su od 0 do 1, gdje 1 predstavlja potpunu korelativnu zavisnost između dviju promatranih varijabla. U nekim se područjima prometnoga inženjerstva vrijednosti $R^2 \geq 0,6$ smatraju prihvatljivima, a $R^2 \geq 0,9$ najpovoljnijima [19]. Prema proračunima, koeficijent determinacije R^2 iznosi 0,9 te je izrazito povoljan.

4.2. PROGNOZA PROMETA PRIMJENOM METODE SLOŽENOG KAMATNOG RAČUNA

Za prognozu prometa može se koristiti i metoda složenog kamatnog računa. Složeni kamatni račun podrazumijeva da se kamate u svakom sljedećem razdoblju računaju na prethodnu vrijednost PGDP-a uvećanu za kamate. Potrebno je odrediti razdoblja prometne prognoze te očekivani prometni prirast. Za potrebe ovog diplomskog rada prognoza prometa radit će se za razdoblja od 5, 10, 15 i 20 godina uz očekivani prirast od 3% za prvo razdoblje, 2,5% za drugo razdoblje, 2% za treće i 1,5% za četvrto razdoblje.

PGDP za određeno buduće razdoblje izračunava se prema sljedećoj formuli:

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

Značenje oznaka u formuli [20]:

- PGDP - prosječni godišnji dnevni promet
- p - godišnji porast prometa (%)
- n - broj godina za koje se predviđa porast prometa

Trenutni PGDP računamo prema podacima iz brojanja prometa, a dobije se zbrojem svih prometnih tokova koji ulaze ili izlaze iz raskrižja u vršnom satu te množenjem s koeficijentom između 9 i 14. U ovom diplomskom radu za koeficijent je odabran broj 10, a za mjerodavni PGDP poslijepodneвно prometno opterećenje.

Opterećenje prometnih tokova koji ulaze u sjeveroistočni privoz iznosi 364 voz/sat. Opterećenje svih prometnih tokova koji ulaze u jugozapadni privoz iznosi 309 voz/sat i opterećenje svih prometnih tokova koji ulaze u sjeverozapadni privoz iznosi 281 voz/sat.

Trenutni PGDP:

$$364 + 309 + 281 = 954 \text{ voz/sat}$$

$$954 * 10 = 9540 \text{ voz/dan}$$

Prognoza prometa za razdoblje od prvih 5 godina s predviđenim godišnjim prirastom od 3%:

$$9540 * \left(1 + \frac{3}{100}\right)^5 = 11059 \text{ voz/dan} = 1106 \text{ voz/sat}$$

Prognoza prometa za razdoblje od sljedećih 5 godina s predviđenim godišnjim prirastom od 2,5%:

$$11059 * \left(1 + \frac{2,5}{100}\right)^5 = 12512 \text{ voz/dan} = 1251 \text{ voz/sat}$$

Prognoza prometa za razdoblje od sljedećih 5 godina s predviđenim godišnjim prirastom od 2%:

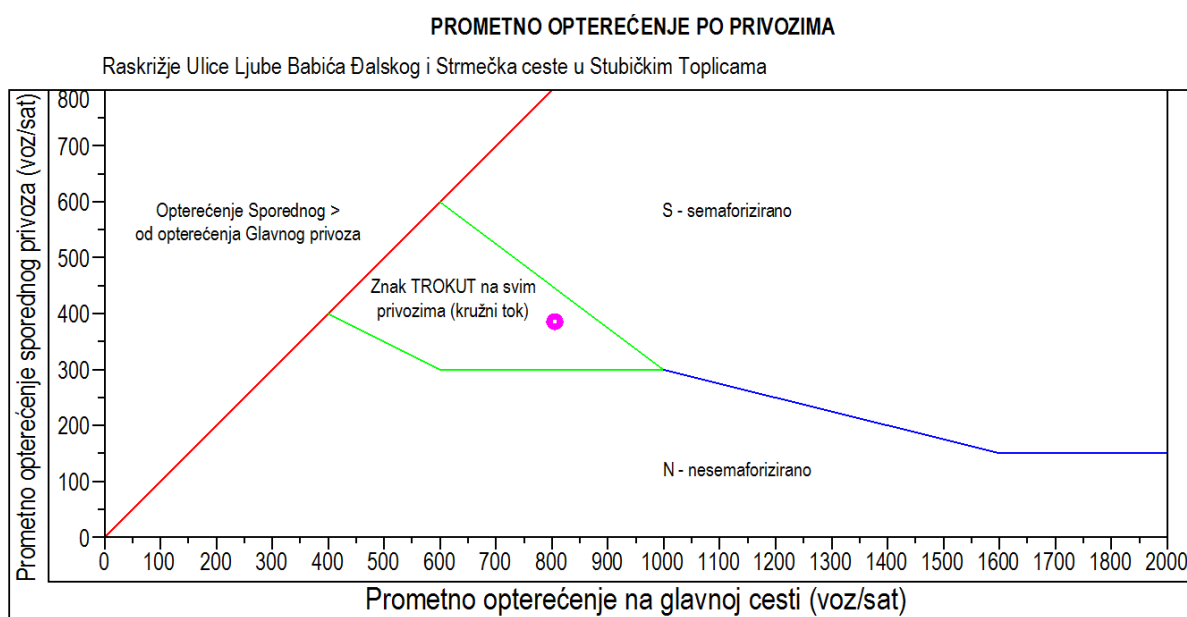
$$12512 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^5 = 13815 \text{ voz/dan} = 1382 \text{ voz/sat}$$

Prognoza prometa za razdoblje od sljedećih 5 godina s predviđenim godišnjim prirastom od 1,5%:

$$13815 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right)^5 = 14882 \text{ voz/dan} = 1488 \text{ voz/sat}$$

Budući da se predviđa porast prometa moguće je izračunati i prognozu prometnog opterećenja glavnog i sporednog privoza za određeno vremensko razdoblje kako bi provjerili utječe li porast prometnog opterećenja na preporuku rekonstrukcije prema grafikonu iz HCM-a (izgradnju kružnog raskrižja). Izračunat će se prognoza prometnog opterećenja brojanja prometa za glavni i sporedni privoz poslijepodnevnog prometnog opterećenja s godišnjim prirastom od 1,5% za razdoblje od 15 godina koliki je i vijek trajanja građevine.

$$645 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right)^{15} = 806 \text{ voz/sat} \qquad 309 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right)^{15} = 386 \text{ voz/sat}$$



● - prognozirano prometno opterećenje za razdoblje od 15 god, porast prometa 1,5% (806, 386)

Grafikon 3: Prikaz prognoziranog prometnog opterećenja rema grafikonu iz HCM-a [17]

Prema predviđenom prometnom opterećenju za prirast od 1,5% godišnje i razdoblje od 15 godina, kao što je vidljivo iz grafikona 3, preporučeno prometno rješenje – kružno raskrižje i dalje predstavlja optimalno prometno rješenje.

5. PRIJEDLOG OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Nakon prometne dijagnoze i prometne prognoze provodi se prometna terapija tj. prijedlog optimizacije raskrižja. Ona predstavlja rješenje za izgradnju prometne građevine na temelju podataka prikupljenih iz analize postojećeg stanja i prognoziranom prometnom opterećenju. Prema mišljenju autora prijedlog optimizacije mora zadovoljiti sljedeće prometno-tehnološke uvjete:

- prijedlog optimizacije mora biti u dimenzijama postojećeg raskrižja;
- zadovoljiti postojeće i prognozirano prometno opterećenje;
- smanjiti broj konfliktnih točaka na predmetnom raskrižju;
- povećati prometnu preglednosti na predmetnom raskrižju.

Navedeni uvjeti mogu se shvatiti i kao pojednostavljeni projektni zadatak, pa tako prema prometnom koridoru prostornog plana raskrižje nije moguće proširivati kako bi se povećala sigurnost i protočnost prometnog toka, a prema postojećem i prognoziranom prometnom opterećenju raskrižje nije prikladno za semaforizaciju tj. upravljanje prometa svjetlosnom signalizacijom, pa se i taj način optimizacije isključuje.

Prema tome kao prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama predlaže se izgradnja kružnog raskrižja koja će se opisivati u nastavku ovog poglavlja. Na kraju poglavlja prikazat će se SWOT matrica s prikazom svih snaga, slabosti, prilika i prijetnja prema mišljenju autora, za prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova izgradnjom kružnog raskrižja.

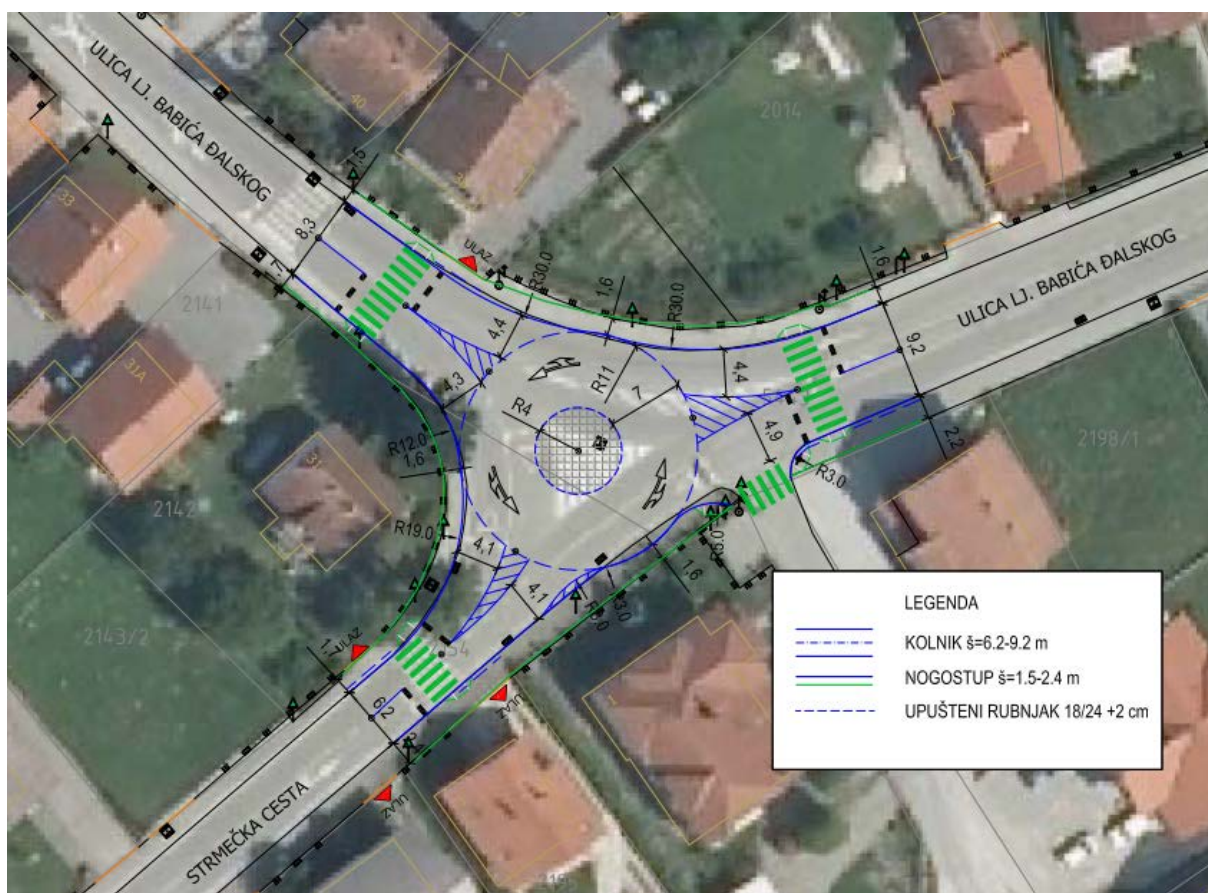
Na slici 21 prikazana je situacija postojećeg stanja predmetnog raskrižja na digitalnoj ortofoto podlozi (DOF-u) preklopljenom s geodetskom snimkom postojećeg stanja i digitalnim katastarskim planom te kotiranim tehničkim elementima ceste (širine kolnika i nogostupa).



Slika 21: Situacija postojećeg stanja [21]

S obzirom na prostorno-planske uvjete i ograničenja, prema mišljenju autora, prilikom izrade prometnog rješenja predmetnog raskrižja prvo se iscrtavaju nogostupi na svim privozima počevši od vanjskih rubova zone obuhvata, nakon toga se konstruira vanjski radijus kružnog raskrižja koji približno tangira najistaknutije rubove konstruiranih nogostupa te ulazni i izlazni radijusi na svakom privozu i nakon toga se ucrtava unutarnji radijus čime se definira širina kolnika u raskrižju.

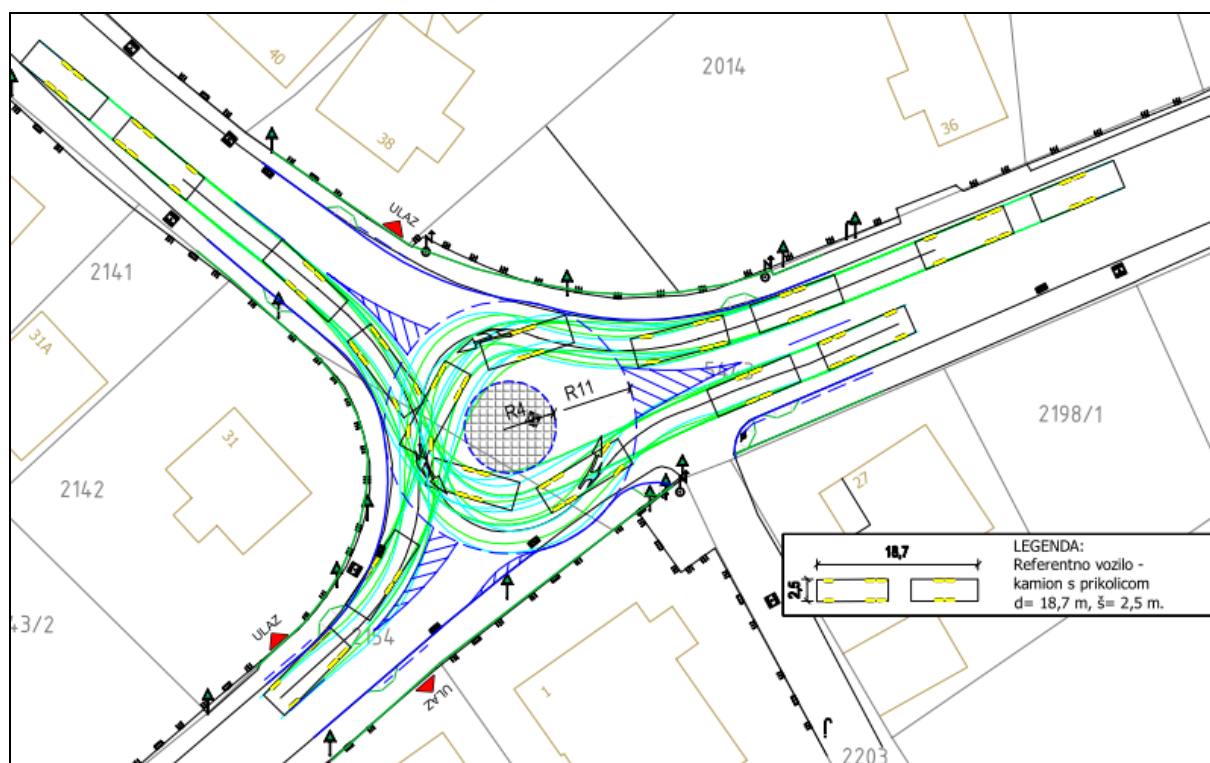
Slijedom navedenog, konstruirano je prometno rješenje predmetnog raskrižja i prikazano na slici 22.



Slika 22: Predloženo prometno rješenje predmetnog raskrižja [21]

U zoni tangiranja vanjskog radijusa, postojeći nogostup će se korigirati na širinu od 1,6 m te postepeno proširivati prema kraju raskrižja na postojeću širinu 1,6-2,4 m. Kružno raskrižje je dimenzionirano s vanjskim radijusom od 11,0 m, i središnjim otokom radijusa 4,0 m, što znači da je kolnik unutar kružnog raskrižja širine 7,0 m. Nogostup je deniveliran od kolnika za +12 cm betonskim rubnjacima dimenzija 18/24 cm, a razdvajanje prometnih trakova na ulazima i izlazima iz kružnog raskrižja predviđeno je horizontalnom signalizacijom kako bi se olakšalo prometovanje teretnim vozilima i autobusima.

Nakon definiranja osnovnih tehničkih elemenata raskrižja radi se provjera izradom trajektorije referentnog vozila kroz predmetno raskrižje. Trajektorija referentnog vozila može utjecati na odabir rješenja središnjeg otoka kružnog raskrižja koji može biti izdignut te djelomično ili u potpunosti upušten.

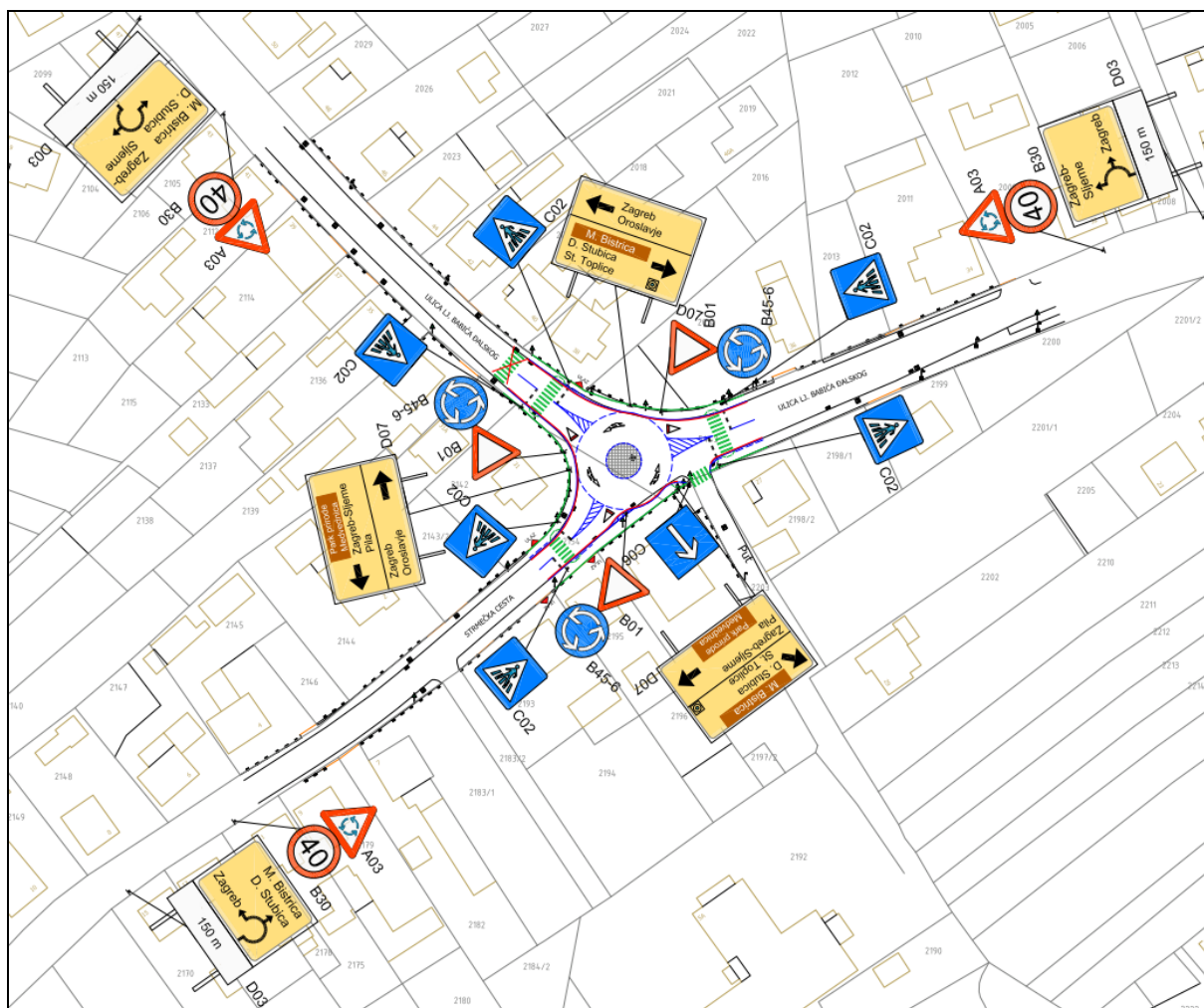


Slika 23: Trajektorija referentnog vozila kroz predmetno raskrižje [21]

Referentno vozilo za potrebe ovog diplomskog rada je teretno vozilo s prikolicom dužine 18,7 m te širine 2,5 m, a njegova trajektorija prikazana je na slici 23. Prikazano je kretanje vozila iz sjeverozapadnog i sjeveroistočnog privoza tj. iz Ulice Ljube Babića Đalskog. Vidljivo je da unutarnji kotači referentnog vozila djelomično dodiruju središnji otok kružnog raskrižja te se zbog toga predlaže izvedba upuštena tj. prevozne varijante središnjeg otoka koji omogućava nesmetano prometovanje većih (dužih) vozila kroz kružno raskrižje (najčešće ga koriste teretna vozila i autobusi). Prevozni središnji otok bit će deniveliran od kolnika za +2 cm upuštenim rubnjacima 18/24 cm, a izvest će se od kamenih kocki debljine 8-10 cm.

Nakon definiranog tlocrtnog izgleda prijedloga rješenja raskrižja izrađuje se situacija prometne signalizacije koja je prikazana na slici 24. Horizontalna prometna signalizacija izvodi se u bijeloj boji (pune linije, središnje linije 3+3 m, 5+5 m i linije vodilje 1,0+1,0 m) s razdjelnim linijama širine 15 cm, rubnim linijama širine 10 cm i širinom linija od 50 cm (zaustavne linije, pješački prijelaz 0,5+0,5 m). Od horizontalne signalizacije predviđene su razdjelne linije širine 15 cm, rubne linije širine 10 cm, oznake H50 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska), oznake H29 (strelice za označavanje dva ili više smjerova vožnje) te otoci za razdvajanje prometnih tokova označeni kosim linijama u ravnini kolnika, kako bi se olakšalo prometovanje teretnim vozilima i autobusima.

Vertikalna prometna signalizacija izvodi se znakovima standardnih dimenzija 60 x 60 cm ili \varnothing 60 cm, te znakovima obavijesti za vođenje prometa koji su na županijskim cestama žute boje sa simbolima te natpisima u crnoj boji. Od vertikalne signalizacije predviđeni su prometni znakovi B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B45-6 (obavezan smjer vožnje) u neposrednoj blizini kružnog raskrižja, C02 (pješački prijelaz) uz zaustavnu liniju prije pješačkog prijelaza, C06 (cesta s jednosmjernim prometom) na jugoistočnom privozu, A03 (blizina raskrižja s uređenim kružnim prometom) i B30 (ograničenje brzine na 40 km/h) na udaljenosti 120 m od raskrižja, D03 (raskrižje kružnog oblika) na udaljenosti 150 m od raskrižja i D07 (putokazna ploča) u zoni raskrižja sa suprotne strane od pojedinog privoza.



Slika 24: Situacija signalizacije predmetnog raskrižja [21]

Nakon razrade prijedloga optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama izgradnjom kružnog raskrižja, izrađuje se SWOT matrica s prikazom svih snaga, slabosti, prilika i prijetnji prema mišljenju autora, koja će se koristiti za evaluaciju predloženog rješenja.

Tablica 12: SWOT matrica kružnog raskrižja [Izvor: Autor]

| | |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Snage | <ul style="list-style-type: none"> • Mogućnost izvođenja u dimenzijama postojećeg raskrižja; • Povećanje sigurnosti motoriziranog i nemotoriziranog prometa; • Manji broj konfliktnih točaka; • Niži troškovi izgradnje i održavanja; • Veća propusna moć raskrižja; |
| Slabosti | <ul style="list-style-type: none"> • Produljenje putanje vozila kroz raskrižje; • Produljenje putanje pješaka oko raskrižja; |
| Prilike | <ul style="list-style-type: none"> • Smanjenje brzine vozila u zoni raskrižja; • Smanjen rizik od prometnih nesreća; • Kraće vrijeme čekanja na privozima; • Smirenje prometa u vršnom satu. |
| Prijetnje | <ul style="list-style-type: none"> • Povećanje broja pješaka na raskrižju; • Povećanje broja lijevih skretanja; • Nije pogodno za osobe s posebnim potrebama. |

6. EVALUACIJA PREDLOŽENE OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Evaluacija projekta predstavlja vrednovanje svih prednosti i svih nedostataka nekog projekta kako bi se na temelju toga odredila uspješnost, a time i donošenje odluke o njegovoj realizaciji.

S obzirom na prometno-tehnološke uvjete obrađene u petom poglavlju (koji mogu biti jedni od kriterija vrednovanja), isključena je optimizacija predmetnog raskrižja modelom proširenja raskrižja te modelom semaforizacije tj. upravljanja prometa svjetlosnom signalizacijom, pa je na temelju toga predloženo rješenje izgradnja kružnog raskrižja za koje će se provesti vrednovanje tj. evaluacija.

Vrednovanje se može provoditi putem više metoda i kriterija a za potrebe ovog diplomskog rada provjerit će se odgovara li predloženi model optimizacije općim zahtjevima za raskrižje [14]:

- sigurnost prometa;
- kvaliteta odvijanja prometa;
- utjecaj na okolinu i okoliš;
- ekonomičnost rješenja.

Kroz navedene zahtjeve u nastavku ovog poglavlja preispitat ćemo sigurnost odvijanja prometa, razinu usluge predmetnog raskrižja, utjecaj na okolinu i okoliš te procjena troškova rješenja.

6.1. SIGURNOST PROMETA

U rubnim područjima naselja ili u prolazu kroz manja naselja potrebno je postići najviši stupanj sigurnosti prometa, posebno za ugrožene sudionike (biciklisti, pješaci, starija i mlađa populacija, invalidi, itd.) budući da se od njih ne može očekivati stalna opreznost, pravovremeno zapažanje i očekivane reakcije [14].

Osmišljena i dobro koncipirana raskrižja udovoljit će uvjetima sigurne vožnje ako u cijelosti ili pretežito udovoljavaju navedenim zahtjevima [14]:

- pravovremena prepoznatljivost;
- preglednost;
- shvatljivost;
- dostatna provoznost i prohodnost.

Pravovremena prepoznatljivost mora biti omogućena sa svih privoza, a vozači trebaju biti pripremljeni i spremni za sve prometne situacije koje su pred njima.

Preglednost raskrižja podrazumijeva dobro i pravovremene uočavanje najvažnijih oblikovnih detalja/elementa te raskrižja u cjelini.

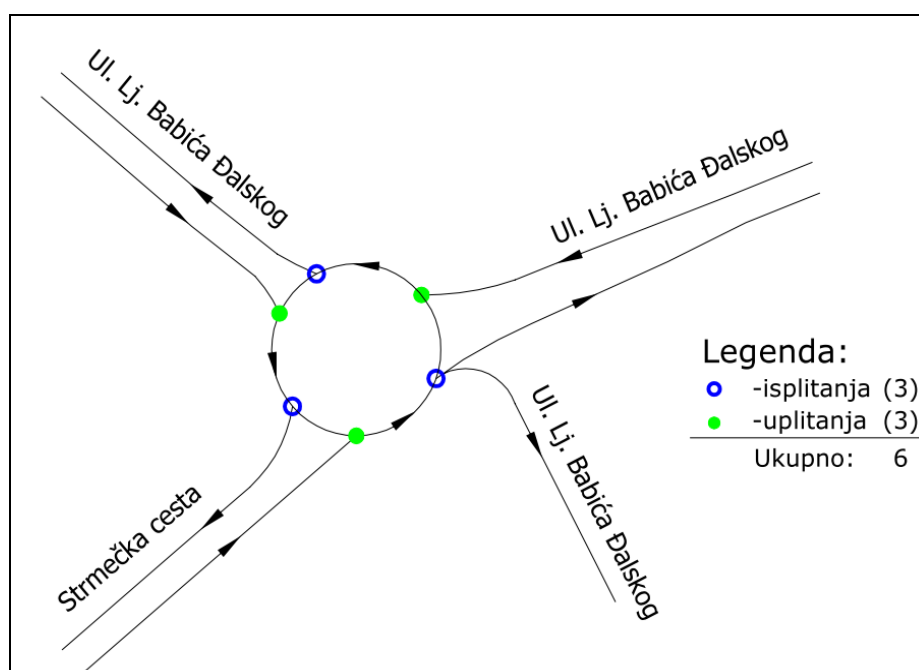
Shvatljivost će biti zadovoljena u uvjetima kada je svim sudionicima jasno na koju stranu skrenuti, tko i kako se treba razvrstati, gdje su mogući konflikti, itd.

Dostatna provoznost (i prohodnost za pješake i bicikliste) bit će osigurana za ona rješenja raskrižja u kojima su oblikovna svojstva usklađena s vozno-dinamičkim, odnosno vozno-geometrijskim osobinama vozila (kao i sa zahtjevima nemotoriziranih sudionika u prometu) [14].

Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama, prema mišljenju autora zadovoljava navedene zahtjeve.

S obzirom na to da se radi o raskrižju s kružnim tokom prometa u kojem prednost imaju vozila unutar raskrižja, vozila na svim privozima su dužna usporiti i/ili zaustaviti se prije uključenja u raskrižje, čime se smiruje promet u zoni raskrižja. Zbog ograničenja brzine na 40 km/h u zoni raskrižja, dobro planirane prometne signalizacije i preglednih privoza, zadovoljene su pravovremena prepoznatljivost i preglednost.

Shvatljivost se postiže pravovremenom najavom dolaska na kružno raskrižje postavljanjem vertikalne prometne signalizacije - znakova A03 i D03. Vođenje prometa u kružnom raskrižju je jednosmjerno, a odvija se u suprotnom smjeru od smjera kazaljke na satu. Kao što se može vidjeti na slici 25, broj konfliktnih točaka smanjio bi se sa 17 na 6, a prometna radnja - križanje prometnih tokova, koja se smatra posebno opasnom, eliminirala bi se u potpunosti.



Slika 25: Konfliktni točke u predmetnom raskrižju – planirano stanje [Izvor: Autor]

Dostatna provoznost i prohodnost se postiže odabirom odgovarajućih tehničkih elemenata raskrižja (unutarnji i vanjski te ulazni i izlazni radijusi, širina nogostupa i kolnih traka) te postavljanjem pješačkih prijelaza na pregledno i lako uočljivo mjesto kako bi se osigurala sigurnost pješaka. Provjera navedenog napravljena je trajektorijom referentnog vozila kroz predmetno raskrižje i može se vidjeti na slici 23.

6.2. KVALITETA ODVIJANJA PROMETA

Kvalitetu odvijanja prometa ocjenjujemo razinom usluge u raskrižju, odnosno na pojedinim privozima raskrižja. Za proračune kapaciteta i razina usluga raskrižja, dionica cesta, javnog gradskog prijevoza, te pješačkog i biciklističkog prometa kao standard u Republici Hrvatskoj koristi se Highway Capacity Manual (HCM). Razina usluge je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnoga toka, a mjere na temelju kojih se utvrđuje su [17]:

- brzina;
- vrijeme putovanja;
- sloboda manevriranja;
- utjecaj drugog prometa;
- udobnost.

Sigurnost odvijanja prometa ne ulazi kao mjera za određivanje razine usluge. Definirano je šest razina usluga, razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina F najlošije [22]:

- A. slobodan tok, velike brzine, mala gustoća, puna sloboda manevriranja;
- B. slobodan tok, brzine djelomično ograničene gustoćom prometa;
- C. stabilan prometni tok, ograničene brzine, ograničena mogućnost manevriranja;
- D. približava se nestabilnom toku, bitno ograničene brzine, mala mogućnost manevriranja;
- E. nestabilan tok s vožnjom u nizu, gustoća blizu zagušenju, protok jednak propusnoj moći, privremeni zastoji;
- F. prisilni tok, brzine manje od kritičnih, protok od 0 do veličine koja je manja od propusne moći.

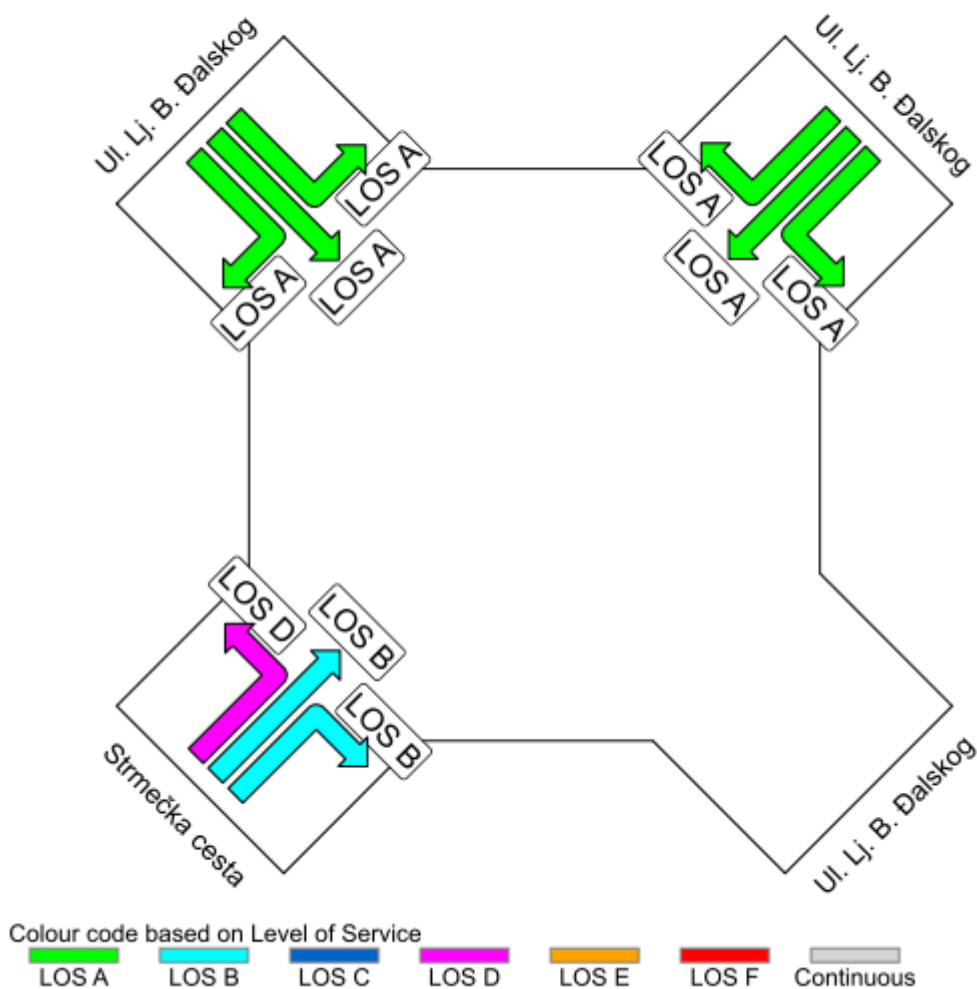
Odrediti propusnu moć i razinu usluge (LOS) raskrižja primarno podrazumijeva odrediti propusnu moć i razinu usluge kretanja na sporednim privozima, što dobijemo izračunom duljine repova čekanja i vremenom kašnjenja na temelju kojeg se određuje razina usluge prema tablici 13 [17].

Tablica 13: Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja [17]

| LOS | Vrijeme čekanja [s/voz] |
|-----|-------------------------|
| A | ➤ 0 – 10 |
| B | ➤ 10 -15 |
| C | ➤ 15 – 25 |
| D | ➤ 25 – 35 |
| E | ➤ 35 – 50 |
| F | ➤ 50 |

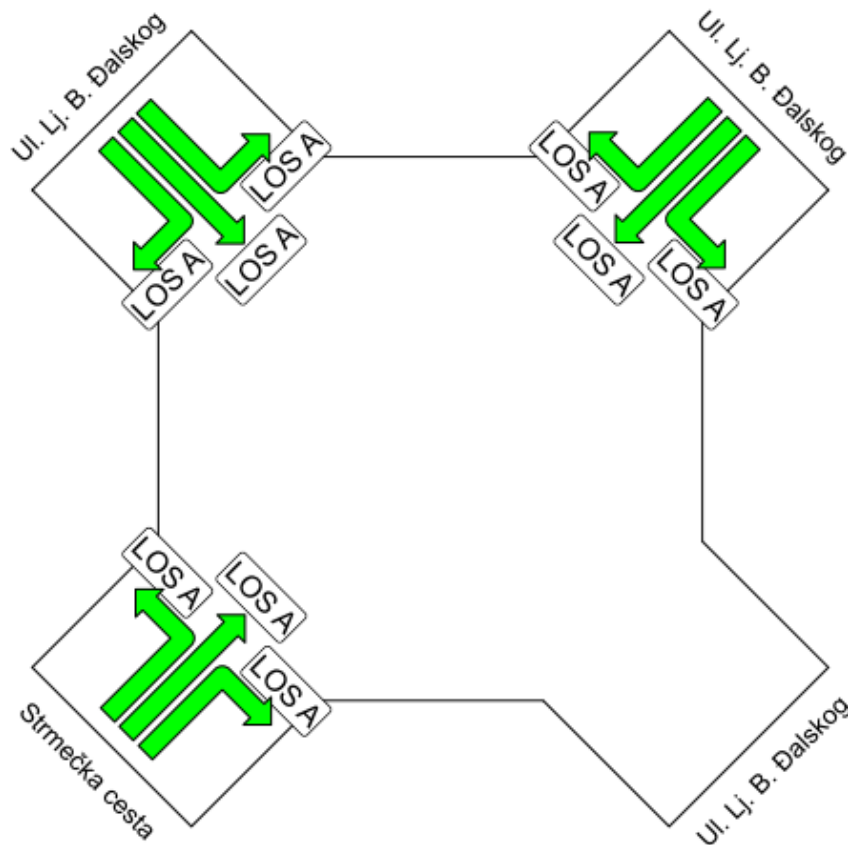
Radi provođenja analize potrebno je izračunati razinu usluge (LOS) za postojeće stanje raskrižja i za prijedlog optimizacije – kružno raskrižje. Za potrebe ovog diplomskog rada razina usluge izračunati će se pomoću programa SIDRA Intersection za modeliranje raskrižja koji radi na HCM standardu. Kao ulazni parametri korišteni su tehnički elementi postojećeg i projektiranog raskrižja iz petog poglavlja podaci o postojećem prometnom opterećenju raskrižja iz trećeg poglavlja. Na slici 26. i 27. prikazane su razine usluge po privozima za postojeće i planirano stanje raskrižja. Sjeverozapadni i sjeveroistočni privozi predstavljaju glavni smjer vožnje (Ulica Ljube Babića Đalskog), jugozapadni privoz predstavlja sporedni smjer (Strmečka cesta), dok jugoistočni privoz predstavlja jednosmjerni odvojak Ulice Ljube Babića Đalskog koja nema izlaz u predmetno raskrižje.

RASKRIŽJE ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA
Giveaway / Yield (Two-Way)



Slika 26: Razina usluge za postojeće stanje raskrižja [Izvor: Autor]

RASKRIŽJE ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA
Roundabout



Colour code based on Level of Service
 LOS A LOS B LOS C LOS D LOS E LOS F Continuous
 Roundabout Level of Service Method used in this display: Same as Signalised Intersections

Slika 27: Razina usluge za predloženo kružno raskrižje [Izvor: Autor]

Analizom dobivenih rezultata možemo vidjeti kako je razina usluge postojećeg stanja A (slobodan tok, velike brzine, mala gustoća, puna sloboda manevriranja) za glavne prilaze te B (slobodan tok, brzine djelomično ograničene gustoćom prometa) i D (približava se nestabilnom toku, bitno ograničene brzine, mala mogućnost manevriranja) za sporedni privoz. Razina usluge prijedloga optimizacije – kružnog raskrižja je A na svim privozima.

Prema navedenim ocjenama može se zaključiti kako je razina usluge za glavne prilaze ista u oba slučaja ($A=A$), dok je razina usluge za sporedni privoz viša za kružno raskrižje ($A>B,D$).

6.3. UTJECAJ NA OKOLINU I OKOLIŠ

Raskrižja se trebaju projektirati tako da budu što manje štetna za prostor i okoliš, što se često sukobljava s cijenom izvedbe, odnosno ekonomičnošću rješenja. Za procjenu prilagodbe raskrižja okolišu potrebno je uzeti u obzir slijedeće uvjete [14]:

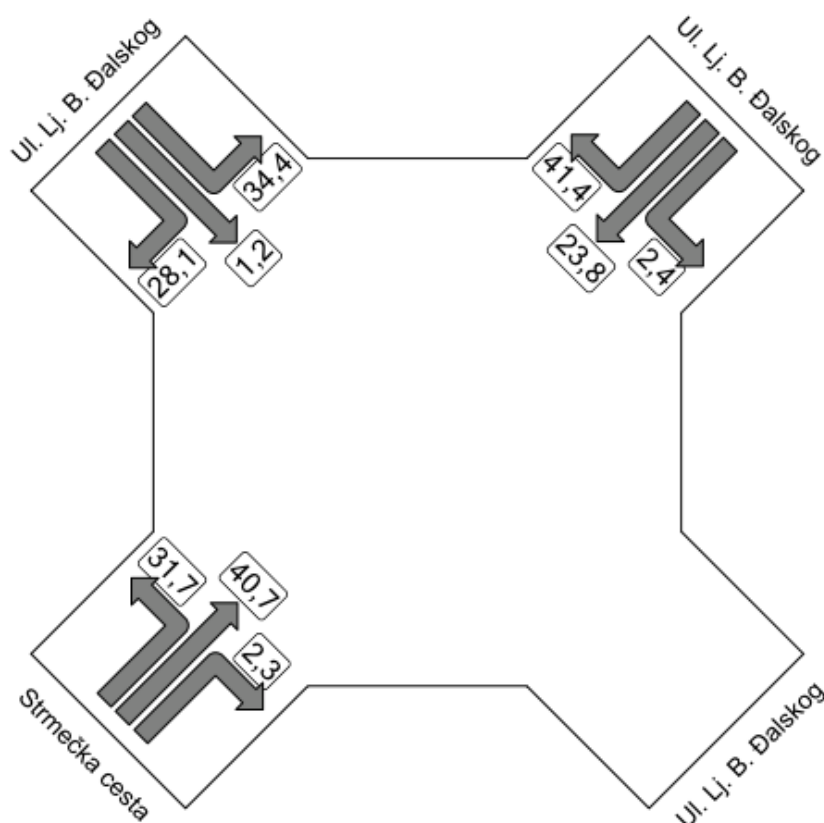
- stupanj narušavanja krajolika;
- buka i onečišćenje zraka;
- okupiranost i rascjepkanost zemljišta.

Raskrižje Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste nalazi se u širem centru općine Stubičke Toplice za koje vrijedi Prostorni plan uređenja (PPU) Općine Stubičke Toplice kojim je definiran prometni koridor. Iz navedenog je vidljivo kako predmetno raskrižje nije moguće proširivati na okolne parcele što je bio jedan od glavnih uvjeta prilikom odabira prijedloga rješenja. Kružno raskrižje je planirano unutar dimenzija postojećeg raskrižja čime su prema mišljenju autora zadovoljeni uvjeti: stupanj narušavanja krajolika i okupiranosti te rascjepkanosti zemljišta.

CO₂ (TOTAL)

Total carbon dioxide emission (kg/h)

RASKRIŽJE ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA
Giveaway / Yield (Two-Way)

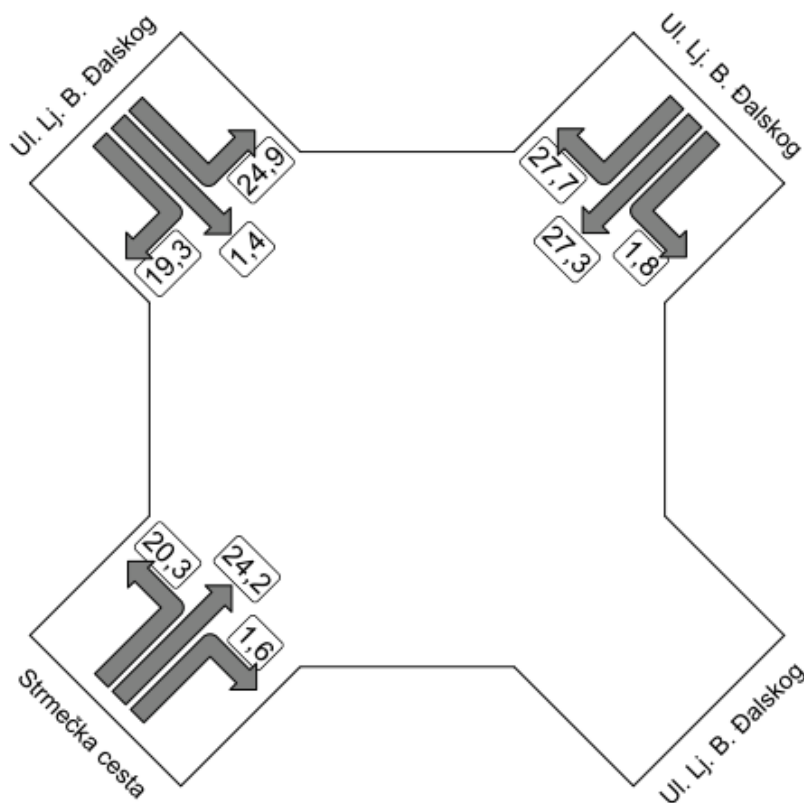


Slika 28: Prikaz emisije CO₂ [kg/h] za postojeće stanje raskrižja [Izvor: Autor]

CO2 (TOTAL)

Total carbon dioxide emission (kg/h)

RASKRIŽJE ULICE LJUBE BABIĆA ĐALSKOG I STRMEČKE CESTE U STUBIČKIM TOPLICAMA
Roundabout



Slika 29: Prikaz emisije CO2 [kg/h] za predloženo kružno raskrižje [Izvor: Autor]

Pomoću programa SIDRA Intersection za modeliranje raskrižja osim razine usluge raskrižja moguće je odrediti i razine emisije CO2 [kg/h] po privozima za postojeće i planirano stanje raskrižja što je prikazano na slikama 28 i 29. Sjeverozapadni i sjeveroistočni privozi predstavljaju glavni smjer vožnje (Ulica Ljube Babića Đalskog), jugozapadni privoz predstavlja sporedni smjer (Strmečka cesta), dok jugoistočni privoz predstavlja jednosmjerni odvojak Ulice Ljube Babića Đalskog koja nema izlaz u predmetno raskrižje. Izvedbom kružnog raskrižja neznatno se povećava putanja vozila kroz raskrižje, ali vođenje prometa kružnim tokom smanjuje vrijeme čekanja na privozima te smiruje vožnju u zoni raskrižja čime pozitivno utječe na smanjenje buke i smanjenje emisije CO2 na svim privozima što je vidljivo na slici 29.

6.4. EKONOMIČNOST RJEŠENJA

Uslijed složenog pronalaska što kvalitetnijeg projektnog rješenja, često je zapostavljeno (a ne bi trebalo) usporedba i procjena varijanti raskrižja putem kvantifikacije troškova izgradnje i troškova korisnika. Elementi za postupak vrednovanja su troškovi [14]:

- građenja i održavanja;
- eksploatacije;
- prometnih nezgoda.

Budući da se uvijek treba zahtijevati dostatna sigurnost rješenja, neophodno je odrediti odnos troškova i prometno-sigurnosne komponente. Potrebno je također pronaći koji je trošak primjeren i dostatan za određenu kvalitetu prometnog toka u odnosu na zauzeće prostora (za sve sudionike u prometu i za određenu kvalitetu okoliša) [14].

Kao što je navedeno u analizi postojećeg stanja, postojeći kolnik u zoni raskrižja je oštećen, deniveliran poprečnim i uzdužnim pukotinama i predstavlja opasnost u odvijanju prometa pa je na temelju navedenog prema mišljenju autora potrebno planirati rekonstrukciju raskrižja u skoroj budućnosti.

Kružno raskrižje je planirano unutar dimenzija postojećeg raskrižja čime je prema mišljenju autora minimalizirano korištenje zemljišta. Zemljište na kojem se predviđaju radovi su dijelovi katastarskih čestica 2154 i 5443, obje k.o. Donja Stubica koje odgovaraju zemljišno knjižnim česticama 2307/2 i 1277/2, obje k.o. Donja Stubica, obje čestice su u vlasničkom listu navedene kao javno dobro kojim upravlja ŽUC Krapinsko-zagorske županije, što je vidljivo iz tablice 14.

Tablica 14: Popis vlasnika nekretnina u zoni obuhvata [21]

| K.O./Z.K.O. | K.Č. | Z.K.Č. | KULTURA | POSJEDNIK | VLASNIK |
|---------------------------------|------|--------|---------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Donja Stubica/ Donja Stubica | 2154 | 2307/2 | ulica | JAVNE CESTE - OPĆE DOBRO, UPRAVITELJ: ŽUPANIJSKA UPRAVA ZA CESTE | JAVNO DOBRO U OPĆOJ UPORABI UPRAVITELJ: ŽUPANIJSKA UPRAVA ZA CESTE KRAPINSKO- ZAGORSKE ŽUPANIJE |
| Donja Stubica/ Donja Stubica | 5443 | 1277/2 | ulica | KRAPINSKO- ZAGORSKE ŽUPANIJE | |

S obzirom na navedeno, troškovi građenja predloženog prometnog rješenja imaju neznatan utjecaj na ekonomičnost rješenja s obzirom na skoriju potrebu za rekonstrukcijom cijelog raskrižja. Troškovi redovnog održavanja i eksploatacije kružnog raskrižja ne razlikuju se puno od troškova redovnog održavanja sadašnjeg stanja-četverokrakog raskrižja.

Jedna od prednosti kružnih raskrižja je upravo smanjenje broja i posljedica prometnih nesreća. Eliminacijom prometnih radnji križanja i preplitanja te smanjenjem broja konfliktnih točaka povećava se sigurnost odvijanja prometa unutar raskrižja, a prometne nesreće imaju lakše posljedice od onih na klasičnim raskrižjima i u pravilu bez smrtno stradalih i teže ozlijeđenih osoba [23].

7. ZAKLJUČAK

Raskrižje Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste nalazi u širem urbaniziranom centru općine Stubičke Toplice (križanje južnog i zapadnog ulaza u općinu) te predstavlja važnu točku u prometnom sustavu općine. U blizini se nalaze objekti edukacijske, ugostiteljske i drugih namjena koji ne bi mogli funkcionirati bez kvalitetne prometne povezanosti. Zbog dotrajalosti kolničke površine predviđa se rekonstrukcija predmetnog raskrižja te je potrebno predložiti optimalno prometno rješenje.

U ovom diplomskom radu napravljena je analiza postojećeg stanja u zoni raskrižja na temelju koje su postavljene prometno-tehnološki uvjeti koje mora zadovoljiti prijedlog optimizacije. Napravljena je detaljna analiza prostorno-planske dokumentacije, sigurnosti prometa i analiza prometnog opterećenja koja je korištena kao ulazni podatak za prometnu prognozu. Za prognozu prometa korišteni su modeli pravca regresije i složenog kamatnog računa kojim je predviđeno prometno opterećenje predmetnog raskrižja za razdoblje od 5, 10, 15 i 20 godina.

Na temelju prometno-tehnoloških uvjeta dobivenih iz prometne analize te podataka iz prometne prognoze isključena je optimizacija modelom proširenja raskrižja te modelom semaforizacije tj. upravljanja prometa svjetlosnom signalizacijom te je predložena optimizacija predmetnog raskrižja izgradnjom kružnog raskrižja.

Izgradnja kružnog raskrižja zadovoljava prostorno-planske uvjete i ograničenja, preporuku oblika raskrižja prema sadašnjem i predviđenom prometnom opterećenju te povećanje sigurnosti prometa, a konstrukcija istog detaljno je opisana u petom poglavlju ovog rada. U šestom poglavlju provedena je evaluacija (vrednovanje) svih prednosti i svih nedostataka predloženog modela, napravljena je usporedba s postojećim stanjem raskrižja te ispitivanje odgovara li predloženi model optimizacije općim zahtjevima za raskrižje. Predloženo kružno raskrižje povećava sigurnost prometa, omogućava kvalitetnije odvijanje prometa, smanjuje štetne utjecaje prometa na okolinu i okoliš te je ekonomičnije od postojećeg stanja – nesemaforiziranog četverokrakog raskrižja.

S obzirom na provedenu evaluaciju, predloženi model – izgradnja kružnog raskrižja zadovoljava opće uvjete za raskrižje te se prema mišljenju autora smatra optimalnim rješenjem za raskrižje Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama.

LITERATURA

1. <https://proleksis.lzmk.hr/slike1/Krapinsko-zagorskazup.JPG>, (06.2020.)
2. https://www.zuc-kzz.hr/wp-content/uploads/2020/02/KZ%C5%BD_karta_JC-A3-NN_17-20.jpg, (06.2020.)
3. <https://www.google.com/maps/@45.9763365,15.9244407,1052m/data=!3m1!1e3>, (06.2020.)
4. Cerovac, V.: **Tehnika i sigurnost prometa**, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
5. <https://www.zakon.hr/z/689/Zakon-o-prostornom-ure%C4%91enju>, (06.2020.)
6. <http://stubicketoplice.hr/prostorni-planovi/promet/>, (07.2020.)
7. <http://stubicketoplice.hr/prostorni-planovi/2016/podrucja-1/>, (07.2020.)
8. Luburić, G.; Nastavni materijal iz kolegija Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2020.
9. <https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama>, (07.2020.)
10. https://hrvatske-ceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/93/ Metodologija_za_identifikaciju_opasnih_mjesta.pdf, (07.2020.)
11. Policijska uprava krapinsko-zagorska - Analiza prometnih nesreća na raskrižju ul. Lj. B. Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama u vremenskom periodu od 01.01.2015. do 31.12.2019., Zagreb, 2020.
12. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2014_07_90_1826.html, (07.2020.)
13. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_09_92_1823.html, (07.2020.)
14. Legac, I.: **Raskrižja javnih cesta / Cestovne prometnice II**, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
15. <https://www.prometna-zona.com/eksploatacijske-znacajke-cest/>, (07.2020.)
16. Ščukanec, A.; Šoštarić, M.; Jakovljević, M.: **Prometno tehnološko projektiranje** (nastavni materijali), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
17. . Novačko L.; Pilko, H.: **Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice 2**, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2017/2018.
18. <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa> (07.2020.)
19. Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Modeliranje i planiranje u cestovnom prometu, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2019/2020.
20. Barić, D.; Nastavni materijal iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019/2020.
21. PGT Škunca d.o.o., **Glavni projekt - Rekonstrukcija raskrižja županijskih cesta Ž2217 i Ž2219 u Stubičkim Toplicama**, Zagreb 04.2019.
22. Legac, I.: **Cestovne prometnice I**, Fakultet prometnih znanosti,Zagreb, 2006.
23. https://hrvatske-ceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/106/ SMJERNICE_KRUZNA_RASKRIZJA-HRVATSKE_CESTE.pdf. (07.2020.)

Popis slika

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Administrativna podjela Krapinsko-zagorske županije [1]..... | 3 |
| Slika 2: Prikaz obuhvata na karti javnih cesta Krapinsko-zagorske županije [2] | 4 |
| Slika 3: Prikaz mikro zone obuhvata [3] | 4 |
| Slika 4: Prikaz predmetnog raskrižja – sjeveroistočni privoz [21]..... | 5 |
| Slika 5: Prikaz predmetnog raskrižja – jugoistočni privoz [21] | 6 |
| Slika 6: Prikaz predmetnog raskrižja – jugozapadni privoz [21] | 6 |
| Slika 7: Prikaz predmetnog raskrižja – sjeverozapadni privoz [21]..... | 7 |
| Slika 8: Prostorni plan uređenja – promet [6]..... | 10 |
| Slika 9: Prostorni plan uređenja – građevna područja [7] | 11 |
| Slika 10: Prostorni plan uređenja – građevna područja [8] | 12 |
| Slika 11: Prikaz stanja ceste i opreme - sjeveroistočni privoz [21]..... | 17 |
| Slika 12: Prikaz stanja ceste i opreme - jugoistočni privoz [21] | 18 |
| Slika 13: Prikaz stanja ceste i opreme - jugozapadni privoz [21] | 19 |
| Slika 14: Prikaz stanja ceste i opreme - sjeverozapadni privoz [21]..... | 20 |
| Slika 15: Pretpostavke za prostornu preglednost [14] | 21 |
| Slika 16: Vrste prometnih tokova [14] | 22 |
| Slika 17: Prometne radnje (deblje linije - glavni tok, tanje linije - sporedni tok) [14]..... | 23 |
| Slika 18: Primjeri konfliktnih točaka u raskrižju [14] | 24 |
| Slika 19: Konfliktna točka u predmetnom raskrižju – postojeće stanje [Izvor: Autor]..... | 25 |
| Slika 20: Numeriranje privoza za potrebe brojanja prometa [Izvor: Autor] | 27 |
| Slika 21: Situacija postojećeg stanja [21]..... | 40 |
| Slika 22: Predloženo prometno rješenje predmetnog raskrižja [21]..... | 41 |
| Slika 23: Trajektorija referentnog vozila kroz predmetno raskrižje [21] | 42 |
| Slika 24: Situacija signalizacije predmetnog raskrižja [21] | 43 |
| Slika 25: Konfliktna točka u predmetnom raskrižju – planirano stanje [Izvor: Autor]..... | 46 |
| Slika 26: Razina usluge za postojeće stanje raskrižja [Izvor: Autor] | 48 |
| Slika 27: Razina usluge za predloženo kružno raskrižje [Izvor: Autor]..... | 49 |
| Slika 28: Prikaz emisije CO ₂ [kg/h] za postojeće stanje raskrižja [Izvor: Autor] | 50 |
| Slika 29: Prikaz emisije CO ₂ [kg/h] za predloženo kružno raskrižje [Izvor: Autor] | 51 |

Popis tablica

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1: Statistika prometnih nesreća za predmetno raskrižje [11] | 15 |
| Tablica 2 Potrebne duljine za dostatnu preglednost [14] | 21 |
| Tablica 3: Brojački listić [16] | 26 |
| Tablica 4: EJA koeficijenti [8] | 27 |
| Tablica 5: Jutarnje prometno opterećenje na privozu 1 [Izvor: Autor]..... | 28 |
| Tablica 6: Jutarnje prometno opterećenje na privozu 3 [Izvor: Autor]..... | 29 |
| Tablica 7: Jutarnje prometno opterećenje na privozu 4 [Izvor: Autor]..... | 30 |
| Tablica 8: Poslijepodnevno prometno opterećenje na privozu 1 [Izvor: Autor]..... | 31 |
| Tablica 9: Poslijepodnevno prometno opterećenje na privozu 3 [Izvor: Autor]..... | 32 |
| Tablica 10: Poslijepodnevno prometno opterećenje na privozu 4 [Izvor: Autor]..... | 33 |
| Tablica 11: PGDP na koridoru Ž2217 u blizini predmetnog raskrižja [18]..... | 36 |
| Tablica 12: SWOT matrica kružnog raskrižja [Izvor: Autor]..... | 44 |
| Tablica 13: Određivanje razine usluge na temelju prosječnog vremena kašnjenja [17]..... | 47 |
| Tablica 14: Popis vlasnika nekretnina u zoni obuhvata [21] | 52 |

Popis grafikona

- Grafikon 1:** Prikaz prometnog opterećenja po privozima prema grafikonu iz HCM-a [17] .. 34
- Grafikon 2:** Prognoza prometa predviđena pravcem linearne regresije [18]..... 36
- Grafikon 3:** Prikaz prognoziranog prometnog opterećenja prema grafikonu iz HCM-a [17] .. 38



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Optimizacija odvijanja prometnih tokova na raskrižju**

Ulice Ljube Babića Đalskog i Strmečke ceste u Stubičkim Toplicama

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

U Zagrebu, 11.9.2020.

Student/ica:

(potpis)