Model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulica Ante Poljička-Državna cesta D8-Zatonska ulica u gradu Vodicama

Maretić, Branimir

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:119:321866

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Branimir Maretić

MODEL OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU ULICA ANTE POLJIČKA-DRŽAVNA CESTA D8-ZATONSKA ULICA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. travnja 2017.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3941

Pristupnik: **Branimir Maretić (1219036897)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulica Ante Poljička-Državna cesta D8-Zatonska ulica u gradu Vodicama**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je odrediti zonu obuhvata, odnosno makrolokaciju i mikrolokaciju raskrižja, analizirati postojeće stanje što u prvom redu podrazumijeva analizu odvijanja prometnih tokova na navedenom raskrižju, prometnu signalizaciju te prometnu sigurnost. Na osnovu podataka o opterećenjima prometnih tokova potrebno je napraviti prognozu prometa. Nakon prognoze prometa potrebno je prikazati najmanje jedan model optimizacije odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju s ciljem poboljšanja prometno-tehnoloških karakteristika. U zadnjem poglavlju, modele primjenjene na predmetnom raskrižju potrebno je verificirati.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

MODEL OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU ULICA ANTE POLJIČKA-DRŽAVNA CESTA D8–ZATONSKA ULICA U GRADU VODICAMA

OPTIMIZATION MODEL OF TRAFFIC FLOWS AT INTERSECTION OF ANTE POLJIČKA STREET-ADRIATIC D8 HIGHWAY-ZATON STREET IN VODICE

Mentor: izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić

Student: Branimir Maretić
JMBAG: 1219036897

Zagreb, srpanj 2017.

SAŽETAK

MODEL OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA NA RASKRIŽJU ULICA ANTE POLJIČKA-DRŽAVNA CESTA D8–ZATONSKA ULICA U GRADU VODICAMA

Dobro organizirano odvijanje prometnih tokova u raskrižju je neophodno za dobro funkcioniranje prometa na široj prometnoj mreži. U diplomskom radu predložit će se i primijeniti model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulice Ante Poljička – državne ceste D8 – Zatonske ulice u gradu Vodicama. Na navedenom raskrižju javljaju se zagušenja, usporavanja prometnih tokova, pješački tokovi su onemogućeni itd. Kako bi se dobio puni uvid u postojeće stanje napravit će se analiza postojećeg stanja signalizacije, prometnih opterećenja i sigurnosti. Na osnovu prikupljenih podataka o postojećoj količini prometa prognozirat će se promet, te će se predložiti modeli optimizacije odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju. Neki modeli optimizacije će zahtijevati potpunu izmjenu organizacije prometnih tokova, neki će optimizirati prometni tok u smislu brzine vozila u toku, a neki će tražiti semaforsku regulaciju raskrižja. Svi modeli će se usporediti putem analiza u programskom alatu Sidra intersection, te će se zaključiti koji model bi bio najpovoljniji.

Ključne riječi: prometni tok; analiza postojećeg stanja; model optimizacije, razina usluge

SUMMARY

OPTIMIZATION MODEL OF TRAFFIC FLOWS AT INTERSECTION OF ANTE POLJIČKA STREET-ADRIATIC D8 HIGHWAY-ZATON STREET IN VODICE

Well-organized traffic flows at the intersection are essential for the good functioning of traffic on the broader transport network. In this master thesis, model for optimization of traffic flows at the intersection of Ante Poljička Street – Adriatic D8 Highway – Zaton Street in Vodice will be proposed and applied. At this intersection there are congestions, slowdown of traffic flows, pedestrian flows are disabled, etc. In order to get a full insight into the existing situation, an analysis of the existing state of signalization, traffic loads and safety will be made. Based on the collected data of the existing traffic volume, traffic will be forecasted, and models of optimization of traffic flows at the given intersection will be proposed. Some optimization models will require a complete modification of the traffic flow organization, some will optimize the traffic flow in terms of vehicle speed in progress, and some will require regulation of the intersection with traffic lights. All models will be compared through analysis in the Sidra intersection program to conclude which model would be most beneficial.

Keywords: traffic flow; analysis of the present situation; optimization model, service level

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA 3
2.1. Definiranje makro zone obuhvata 3
2.2. Definiranje mikro zone obuhvata 4
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA SIGURNOSTI, SIGNALIZACIJE I PROMETNOG OPTEREĆENJA 8
3.1. Analiza prometne sigurnosti 8
3.2. Analiza prometne signalizacije 13
3.3. Analiza prometnog opterećenja 16
4. PROGNOZA PROMETA 27
4.1. Prognoza prometa primjenom pravca regresije 27
4.2. Prognoza prometa primjenom metode složenog kamatnog računa 29
5. PRIJEDLOG MODELA OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA 31
5.1. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa 31
5.2. Prijedlog modela optimizacije odvijanja prometnih tokova na četverokrakom raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje 34
5.3. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima 37
6. VERIFIKACIJA PREDLOŽENIH MODELA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA 41
6.1. Sigurnost prometa 41
6.2. Kvaliteta odvijanja prometa 45
6.3. Utjecaj na okolinu i okoliš 52
6.4. Utjecaj kriterija ekonomičnost rješenja 55
7. ZAKLJUČAK 57
LITERATURA 58
POPIS SLIKA 60
POPIS TABLICA 61
POPIS GRAFIKONA 62
PRILOZI 63

1. UVOD

Dobro razvijen prometni sustav je osnova za gospodarski razvoj svakog područja. Kako bi prometni sustav bio dobro razvijen potrebno je da su svi elementi prometnog sustava prilagođeni zahtjevima korisnika. Jedan od elemenata prometnog sustava koji će se detaljnije obraditi kroz ovaj diplomski rad je prometna infrastruktura, odnosno prometno raskrižje. Prometno raskrižje može se predstaviti kao čvor u prometnoj mreži koji mora biti iznimno dobro prilagođen prometnoj potražnji kako ne bi bila ugrožena sigurnost, te kako se ne bi stvarala zagušenja koja mogu utjecati na gospodarski razvoj.

Poboljšanjem odvijanja prometnih tokova na jednom raskrižju može se unaprijediti cijeli promet na prometnoj mreži i tako pozitivno utjecati na područje u kojem se raskrižje nalazi. Svrha diplomskog rada je analizirati postojeće stanje, prepoznati problem, te osmisliti i primijeniti model optimizacije odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju. Cilj diplomskog rada je izrada modela koji će se primijeniti na navedenom raskrižju jest da se osigura sigurniji i protočniji promet kako bi se mogao ostvariti daljnji gospodarski rast kroz izražene turističke djelatnosti u Vodicama. Tema diplomskog rada je: Model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Zatonske ulice – državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička u gradu Vodicama.

Model optimizacije odvijanja prometnih tokova na navedenom raskrižju bit će predstavljen i analiziran kroz sedam poglavlja, a to su:

1. Uvod
2. Definiranje zone obuhvata
3. Analiza postojećeg stanja sigurnosti, signalizacije i prometnog opterećenja
4. Prognoza prometa
5. Prijedlog modela optimizacije odvijanja prometnih tokova
6. Verifikacija predloženih modela odvijanja prometnih tokova
7. Zaključak

U drugom poglavlju definira se zona obuhvata, odnosno makrolokacija i mikrolokacija koja će se analizirati, prognozirati i pokušati unaprijediti.

Treće poglavlje obuhvaća analizu postojećeg stanja sigurnosti, signalizacije i prometnog opterećenja. Analize navedenih elemenata omogućit će stjecanje uvida stanje na navedenom raskrižju te uočavanje nedostataka koji će se kroz novi model optimizacije odvijanja prometnih tokova popraviti ili otkloniti.

Četvrto poglavlje odnosi se na prognozu prometa. Prognoza prometa omogućit će da pretpostavimo broj vozila koji će se postojećim područjem kretati u određenom vremenskom razdoblju nakon rekonstrukcije raskrižja. Na osnovu prognoze znat će se da li rekonstrukcija raskrižja može udovoljiti budućoj prometnoj potražnji jer prometni projekti rade se za duga vremenska razdoblja.

Peto poglavlje obuhvaća prijedloge modela optimizacije odvijanja prometnih tokova. Predloženi modeli optimizacije odvijanja prometnih tokova bit će prikazani s primjenom na postojeće raskrižje te će se napraviti i SWOT analiza svakog raskrižja.

Šesto poglavlje obuhvaća verifikaciju predloženih modela optimizacije odvijanja prometnih tokova. Svi predloženi modeli moraju zadovoljiti neke kriterije kako bi mogli biti implementirani. Onaj model koji najviše udovolji svim kriterijima bit će izabran za primjenu. Verifikacija će se napraviti uz pomoć programskog alata Sidra intersection kako bi se dobile adekvatne analize za svaki pojedini kriterij.

U diplomskom radu korištena je stručna literatura, ulazni parametri prikupljeni vlastitim terenskim radom te su iznesena sva zapažanja autora.

2. DEFINIRANJE ZONE OBUHVATA

2.1. Definiranje makro zone obuhvata

Dobro razvijena prometna infrastruktura, te dobra prometna povezanost je temelj za razvoj svih gospodarskih grana. To je posebno izraženo za vrijeme turističke sezone u gradovima na Jadranu, među kojima je i grad Vodice. Grad Vodice nalazi se u Šibensko – kninskoj županiji u Jadranskoj regiji, na jugu Hrvatske kao što je vidljivo na slici 1.



Slika 1. Položaj Šibensko-kninske županije, [1]

Smješten je 13 km zapadno od sjedišta županije Šibenika, na obali širokog zaljeva što je vidljivo na slici 2. Županija na sjeveru graniči sa Zadarskom županijom, na jugu sa Splitsko – dalmatinskom županijom, a na istoku s Bosnom i Hercegovinom. Prostire se na 2.984 km^2 , od čega Grad Vodice zauzima 94 km^2 . Prema posljednjem popisu stanovništva iz 2011. g. Županija ima 109.375 stanovnika, a Grad Vodice 8.875. Grad Vodice se sastoji od tri glavna područja: zaleđa, obale, i otoka - tri veća i nekoliko manjih otoka. Geografski položaj Grada izrazito je povoljan s obzirom na blizinu županijskog središta, Šibenika, te prometnu povezanost s ostalim dijelovima županije i južne Hrvatske [1].

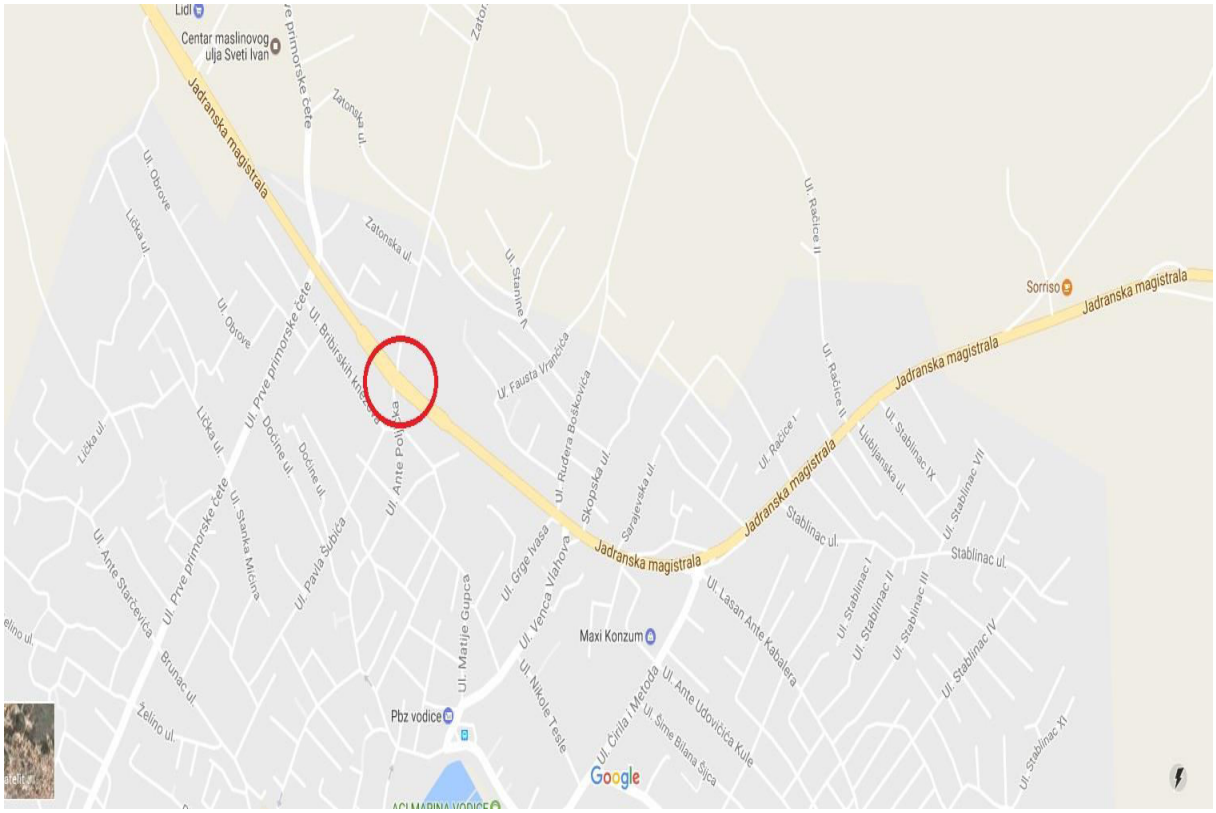


Slika 2. Položaj grada Vodica u Šibensko-kninskoj županiji, [2]

2.2. Definiranje mikro zone obuhvata

Kako se u sezoni javljaju velika prometna zagušenja, pogotovo u naseljenim mjestima, potrebno je locirati ključna raskrižja na kojima određeni građevinski zahvati ili zahvati u samoj organizaciji prometnih tokova mogu doprinijeti poboljšanju odvijanja prometa. Jedno od takvih raskrižja je i raskrižje: Ulica Ante Poljička-Jadranska magistrale D8-Zatonska ulica. Navedeno raskrižje kao što je vidljivo nalazi se na Jadranskoj turističkoj magistrali (državnoj cesti D8), te je po samom položaju jasno da je utjecaj raskrižja jako velik na promet u Vodicama. Kako se raskrižje nalazi u blizini maloprodajnih trgovačkih centara Lidl, Djelo i

Plodine, logističkog centra Djelo, trgovačkog centra Angie, te još nekoliko poslovnih subjekata jasno je da velik dio prometa prolazi predmetnim raskrižjem. Problem su velike brzine koje se postižu na dionici ceste prije navedenog raskrižja, te predstavljaju veliki problem za sigurnost prometa kako u raskrižju, tako i na daljnjem dijelu ceste. Slika 3 prikazuje položaj predmetnog raskrižja u gradu Vodicama.



Slika 3. Položaj predmetnog raskrižja u Vodicama

Izvor: Autor prilagodio na podlozi google mapsa (26.04.2017.)



Slika 4. Južni privoz predmetnog raskrižja

Slika 4 prikazuje južni privoz raskrižja odnosno privoz iz Ulice Ante Poljička.



Slika 5. Istočni privoz predmetnog raskrižja

Slika 5 prikazuje istočni privoz raskrižja, odnosno privoz iz smjera Šibenika na državnoj cesti D8.



Slika 6. Sjeverni privoz predmetnog raskrižja

Slika 6 prikazuje sjeverni privoz raskrižja, odnosno privoz iz smjera Zatonske ulice. Navedeni privoz predstavlja veliki problem zbog nepreglednosti prilikom ulaza u raskrižje.



Slika 7. Zapadni privoz predmetnog raskrižja

Slika 7 prikazuje zapadni privoz raskrižja, odnosno privoz iz smjera Zadra na državnoj cesti D8.

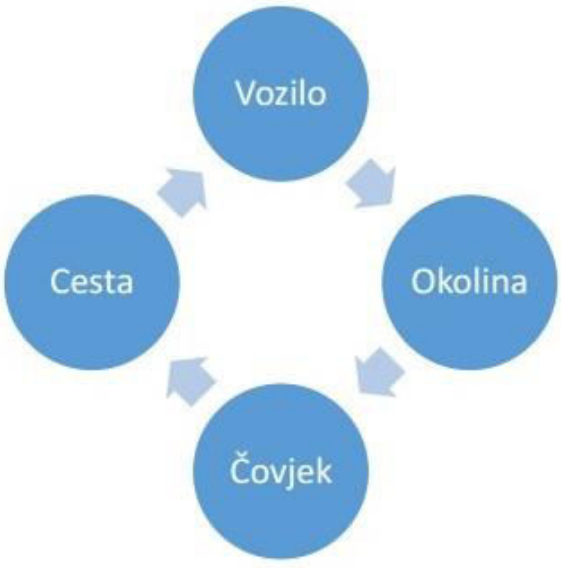
3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA SIGURNOSTI, SIGNALIZACIJE I PROMETNOG OPTEREĆENJA

Analiza postojećeg stanja je prikaz stanja u zoni obuhvata, u ovom slučaju raskrižju, koji se dobije detaljnim opisom prometne sigurnosti, prometne signalizacije i prikaza opterećenja prometnih tokova u raskrižju. Svi pojedini elementi omogućuju da dobijemo uvid u pravo stanje na raskrižju iz različitih pogleda, te će se na osnovu ovakve analize raditi daljnji modeli optimizacije odvijanja prometnih tokova u raskrižju. Analiza postojećeg stanja je neophodna za bilo kakvo planiranje izmjena u prometnoj mreži ili na pojedinom raskrižju.

3.1. Analiza prometne sigurnosti

Analizom prometne sigurnosti postojećeg stanja raskrižja želi se ukazati na probleme raskrižja koji smanjuju sigurnost prometa. Ti problemi mogu se uočiti iz broja prometnih nesreća, stanja prometnih tokova, ali i pravilne analize geometrijskih elemenata raskrižja. Prometna sigurnost se osim na vozila, odnosno vozače, odnosi i na pješake. Ova analiza pomoći će pri pronalasku zadovoljavajućeg prometno-tehničkog rješenja raskrižja po svim navedenim kriterijima.

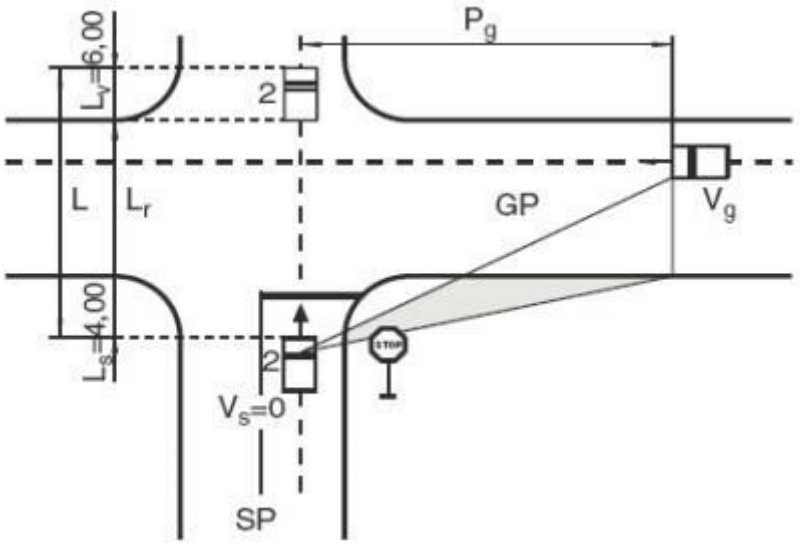
Kako bi se ostvarila dostatna razina sigurnosti u prometu potrebno je ostvariti sinergiju između osnovnih čimbenika sigurnosti prometa na cestama. Ti čimbenici su: vozilo, cesta, čovjek i okolina, kao što je prikazano na slici 8. Za prometnu analizu nisu dovoljna tri osnovna faktora (čovjek, vozilo, cesta) jer ne obuhvaćaju sve elemente koji mogu utjecati na stanje sustava, kao npr. pravila kretanja prometa na cesti, upravljanje i kontrola, te je potrebno izdvajanje faktora-promet na cesti (signalizacija). Ovi faktori podliježu pravilnostima u odvijanju prometa ali ne obuhvaćaju neke elemente koji se pojavljuju neočekivano i ne sistematski, a utječu na njega. Uglavnom se misli na atmosferske prilike i kamenja na cesti, blata i ulja na kolniku. Stoga je uveden još jedan faktor-incidentni faktor, a to je okolina [3].



Slika 8. Sigurnosni lanac u prometu [3]

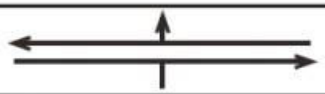
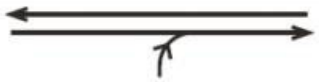
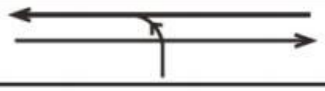
Kako je sva vozila koja prođu raskrižjem iznimno teško analizirati, a nastavno na to i vozače, preostaje faktor ceste i okoline za detaljniju analizu. Analiza faktora ceste, što u ovom slučaju predstavlja raskrižje, u prvom redu se odnosi na analizu geometrijskih elemenata raskrižja. Analiza će se provoditi po privozima raskrižja, počevši od Zatonske ulice.

Izlaz iz Zatonske ulice na državnu cestu D8 problematičan je zbog nemogućnosti lijevih skretača da pravovremeno uoče vozila koja se kreću državnom cestom D8 iz smjera Zadra prema smjeru Šibenika. Kako bi se ostvarila dostatna preglednost potrebno je zadovoljiti sve pretpostavke za prostornu preglednost koje su prikazane na slici 9. i u tablici 1.



Slika 9. Prepotstavke za prostornu preglednost [3]

Tablica 1. Potrebne duljine za dostatnu preglednost

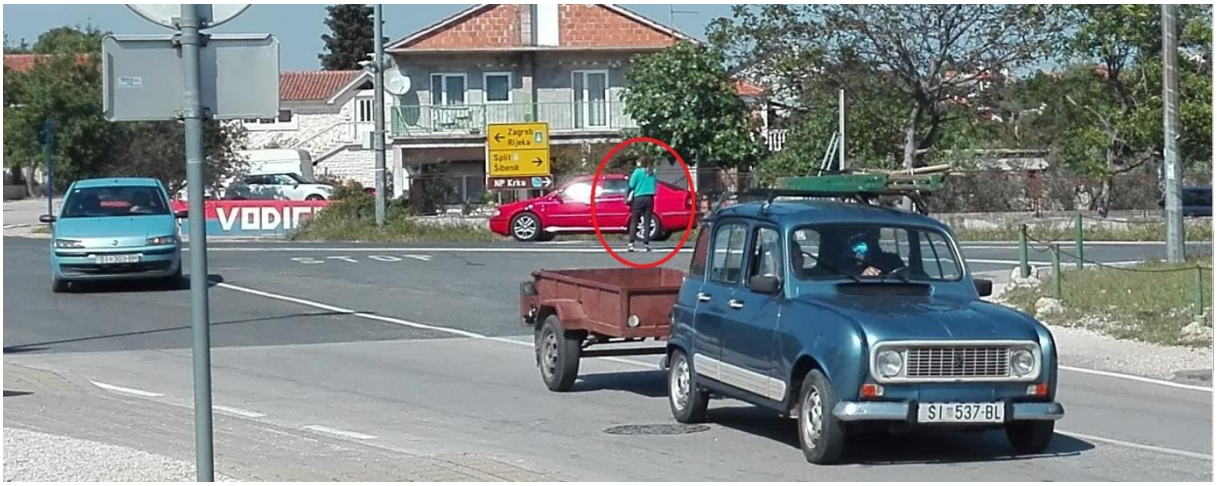
Prometna radnja	Duljina preglednosti P_g [m]					Duljina doglednosti L_s [m]		
	Brzina vozila V_g [km/h]					sa STOP $V_s = 0$	bez znaka STOP	
	40	50	60	80	100		u naselju V_s = 10 - 20	izvan naselja V_s = 40 km/h
	85	105	125	165	210	4	13	50
	50	75	105	185	240	4	10	40
	60	90	120	200	270	4	13	50

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 navedenom privozu nije ostvarena dostatna duljina preglednosti za brzinu od 50 km/h koja iznosi 90 m. To je onemogućeno jer je neposredno uz cestu, s obje strane, privatni posjed na kojem osim zidne prepreke postoje i stabla koja zaklanjaju pogled.

Na privozima raskrižju koji se nalaze na državnoj cesti D8 najveći problem predstavljaju velika prekoračenja brzina u izvansezonskim uvjeti kad dolazi do pada prometa. Ta prekoračenja brzine posebno mogu biti opasna za vozila koja skreću s državne ceste D8 u Ulicu Ante Poljička. Opasnost nastaje jer trak u Ulici Ante Poljička je prevelik, iznosi preko 3,5 metara, te tako vozač koji skreće u desno može stvoriti lažni osjećaj sigurnosti, odnosno može pomisliti kako ima dovoljno mjesta za ulaz u zavoj brzinom iznad ograničene. Za napomenuti je, također, i da ne postoje adekvatno izgrađeni nogostupi na privozu državne ceste D8 iz smjera Zadra, te kako ne postoji nikakva zaštitna ograda koja bi mogla spasiti vozača u slučaju prometne nesreće u kojoj vozilo udara u rasvjetni stup.

Na privozu iz Ulice Ante Poljička problem predstavlja neadekvatno uređena površina za kretanje pješaka, odnosno nepostojanje nogostupa u punoj dužini. Vozila koja skreću iz Ulice Ante Poljička na državnu cestu D8 u smjeru Zadra su jako često u poziciji da dugo čekaju na prazninu koja je potrebna da bi se uključili u navedeni prometni tok, te je prilikom brojanja prometa uočen velik broj vozila koja skreću pod velikim rizikom, uzimajući prednost lijevim skretačima s državne ceste D8 iz smjera Šibenika za Ulicu Ante Poljička. Nedostatak je i ne postojanje adekvatnog pješačkog prijelaza. Trenutni pješački prijelaz nalazi se oko 350 m dalje od raskrižja i završetka nogostupa, te nije praktičan za pješake. Stoga javljaju se situacije kao na slici 10., gdje pješak dolazi na mjesto na privozu iz Ulice Ante Poljička na kojem bi trebalo biti vozilo te ilegalno prelazi cestu ugrožavajući sigurnost vozača, ali i vlastitu sigurnost.



Slika 10. Opasne pješačke radnje uočene tijekom brojanja prometa

Privoz državne ceste D8 iz smjera Šibenika je najopterećeniji na cijelom raskrižju. Problem navedenog privoza je nedostatak nogostupa za pješake i zaštitne ograde koja bi djelila vozače i pješake, te koja bi štitila vozače od udara u kamene zidove (navedena situacija vidljiva na slici 11.) i rasvjetne stupove u neposrednoj blizini ceste. Zaštitne ograde osim što štite pješake od naleta vozila, služe i kao fizička prepreka koja bi zaustavila pješake od nedopuštenog prelaska ceste na mjestima gdje ne postoji pješački prijelaz.

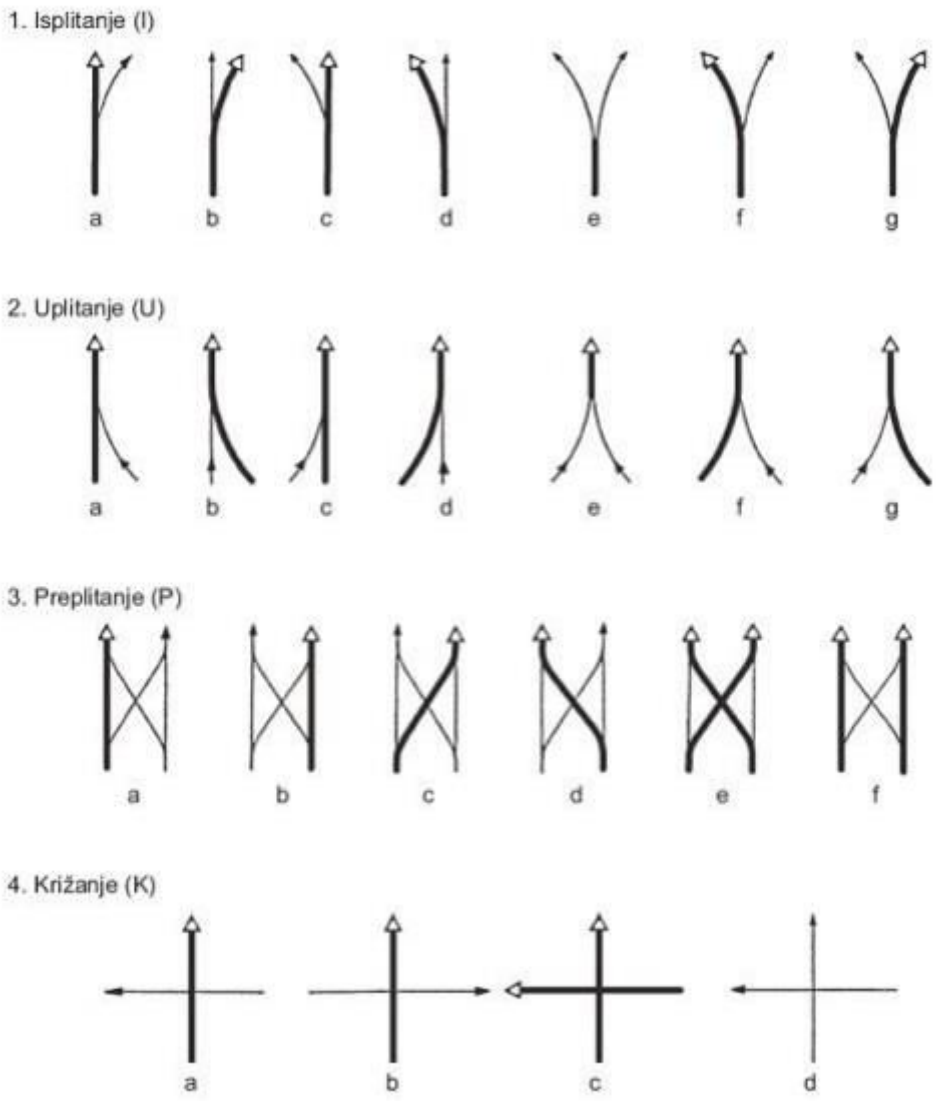


Slika 11. Prikaz prometne nesreće s udarom u zid na postojećem raskrižju, [5]

Na svim privozima potrebno je naglasiti da se dešavaju i velika usporavanja prometnih tokova zbog isključenja odnosno isključenja vozila iz prometnih tokova.

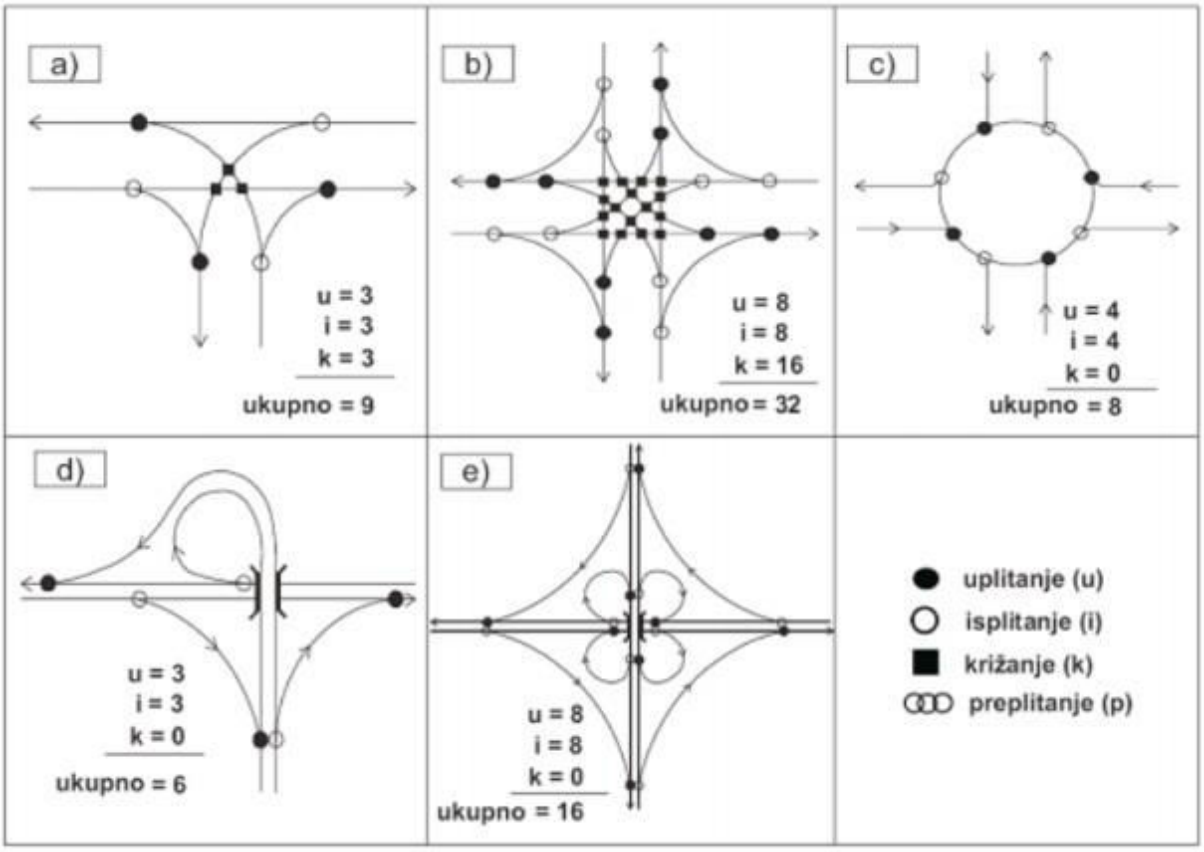
Neophodno je napraviti i adekvatnu biciklističku infrastrukturu ne samo u zoni raskrižja već u cijelom gradu. Biciklistička infrastruktura neće biti prikazana u ovom radu jer ovaj rad obuhvaća samo jedno raskrižje, te ako bi izrada biciklističke infrastrukture krenula od ovog raskrižja to ne bi bilo dobro, jer bi to značilo stihijsku, a ne plansku izradu biciklističke infrastrukture.

Nakon opisa privoza i radnji koje se obavljaju na privozima jasno je da određeni dio problema nastaje zbog uplitanja ili isplitanja prometa iz raskrižja, odnosno zbog konfliktnih točaka. Sve moguće radnje uplitanje i isplitanja, kao i preplitanja i križanja su prikazana na slici 12.



Slika 12. Primjeri prometnih radnji [6]

Svako raskrižje ima konfliktne točke, a količina konfliktnih točaka ovisi o tipu raskrižja. Konfliktne točke nam ukazuju na mjesta u prometnom raskrižju gdje postoji mogućnost nastanka prometne nesreće. Kako gledamo cjelokupno raskrižje, a ne samo pojedinu točku možemo govoriti o konfliktnoj situaciji. Konfliktnu situaciju čini zbroj svih konfliktnih točaka koje su uzrokovane prometnim radnjama isplitanja, uplitanja, preplitanja i križanja prometnih tokova na površini raskrižja, a uvjetno se konfliktna točka može izjednačiti s četiri vrste prometnih radnji [6]. Konfliktnu situaciju možemo pojednostavniti tako što smanjimo broj konfliktnih točaka, a to se radi promjenom oblika raskrižja kao što je vidljivo na slici 13.



Slika 13. Primjeri konfliktnih točaka/situacija u raskrižjima [6]

Stoga, na predmetnom raskrižju razmatrat će se modeli optimizacije odvijanja prometnih tokova s ciljem smanjenja konfliktnih točaka i olakšavanjem uplitanja i isplitanja u prometne tokove, kao i model optimizacije odvijanja prometnih tokova semaforiziranim raskrižjem.

3.2. Analiza prometne signalizacije

Funkcija prometne signalizacije je da doprinosi sigurnosti prometa, odnosno da upozorava na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila, vodi vozača do njihova cilja putovanja, da informira vozače o zakonskim ograničenjima, te da pomaže pri regulaciji prometa. Prometna signalizacija mora biti čitljiva, razumljiva, jednoobrazna, uniformna, kontinuirana, konstantna, vidljiva i jednostavna. Osnovna podjela prometne signalizacije obuhvaća:

- Vertikalnu signalizaciju – prometne znakove,
- Horizontalnu signalizaciju – oznake na kolniku.

Prometni znakovi, signalizacija i oprema na cestama postavljaju se na temelju prometnog projekta. Prometni znakovi koji se postavljaju na isti nosač moraju biti istih reflektirajućih svojstava te se postavljaju s desne strane ceste uz kolnik u smjeru kretanja

vozila. Moraju biti postavljeni tako da ne ometaju kretanje vozila i pješaka. Na cestama izvan naselja postavljaju na visini 1.2 do 1.4 m, osim znakova B59, B60 i B61 (obvezno obilaženje) kad se postavljaju na razdjelni otok, C74 (planinski prijevoj), C75 (rijeka), C76 i C77 (cestovna građevina), C127 (broj međunarodne ceste), C128 (broj autoceste ili brze ceste), C129 (broj državne ceste), C130 (broj županijske ceste), C131 (kilometarska oznaka za autocestu ili brzu cestu), C132 (oznaka dionice državne ceste) i C133 (oznaka dionice županijske ceste) koji se postavljaju na visini 80 do 120 cm. Prometni znakovi u naseljima smješteni uz kolnik postavljaju se na visini 0.30 do 2.20 m, a prometni znakovi smješteni iznad kolnika postavljaju se na visini 4.5 m, iznimno i na većoj [7].

Na raskrižju Zatonske ulice – Državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička postojeća prometna signalizacija je u dobrom stanju.

Na privozu Zatonske ulice nalazi se znak „obvezno zaustavljanje“ (B02), te na istom stupu ispod znaka obveznog zaustavljanja imamo i znak izričitih naredbi, odnosno znak „dopušteni smjerovi“ (B58), a to su i smjer lijevo i smjer desno. Navedeno je vidljivo na slici 6. Znakovi su izrađeni od retroreflektirajućih materijala klase II, a snaga retrorefleksije za klasu II iznosi 250 $cd \bullet lx^{-1} \bullet m^{-2}$. Uslijed starosti snaga retrorefleksije opada ali kako je riječ o klasi II razine je još uvijek zadovoljavajuća jer se kod ove klase i nakon 10 godina starosti zadržava 80% sjajnosti [8]. Osim vertikalne signalizacije na privozu se nalazi i horizontalna, u zoni zaustavljanja na asfaltu je ispisan znak STOP.

Privoz državne ceste D8 iz smjera Zadra sadrži znakove obavijesti, odnosno znak „prestrojavanja vozila“ (C86) i znak „predputokaz“ (D09) koji spada u grupu znakova obavijesti za vođenje prometa, a označava smjer kretanja do naseljenih mjesta. Kako se na navedenom privozu ostvaruju velike brzine ako nema većeg zagušenja prometa, potrebno je postaviti semafor s mjeračem brzine kako bi se ostvarilo povećanje sigurnosti, ali i donekle harmonizirao prometni tok. Primjer semafora s mjeračem brzine prikazan je na slici 14.



Slika 14. Semafor s mjeračem brzine [9]

Na privozu iz smjera Zadra nalazi se i znak „zabrana skretanja udesno“ (B29) s dopunskom pločom da se odnosi na autobuse (E11). Znak je postavljen protivno uputama iz pravilnika, odnosno protiv upute da mora biti postavljen tako da ne ometa kretanje pješaka, te ga je potrebno izmaknuti na lokaciju u skladu s pravilnikom.

Ulica Ante Poljička na križanju s državnom cestom D8 sadrži dva znaka na privozu. To je znak „obveznog zaustavljanja“ (B02) snage retrorefleksije iznosi 250 $cd \bullet lx^{-1} \bullet m^{-2}$ i znak „putokazna ploča“ (D12) za smjer Šibenik i Zadar. Preko puta privoza nalazi se znak „predputokaz“ (D09) za smjer Zagreb i Rijeka, te Split i Šibenik. Ispod predputokaznih znakova nalazi se „putokazna ploča za usmjeravanje prema prirodnoj znamenitosti ili objektu“, a usmjerava prema Nacionalnom parku Krka [10]. Osim vertikalne signalizacije na privozu se nalazi i horizontalna, u zoni zaustavljanja na asfaltu je ispisan znak STOP.

Smjer Šibenik – Zadar na državnoj cesti D8 sadrži znakove obavijesti, odnosno znak „prestrojavanja vozila“ (C86) i znak „predputokaz“ (D09) koji usmjerava vozila prema naseljenim mjestima, a to su konkretno prema znaku mjesta: Zadar, Tribunj, Vodice, Čista Velika i Gaćelezi. Kao i na privozu Zadar – Šibenik na kolniku se nalaze strelice za obvezan smjer kretanja vozila H20 i H21. Strelice H20 odnose se na jedan smjer, a strelice H21 na dva smjera.

Osim navedene vertikalne signalizacije u raskrižju postoje i oznake na kolniku. Širina razdjelnih i rubnih traka za navedeno križanje iznosi 15 cm a računa se kao tablična vrijednost za širine prometnih traka koja na svim privozima iznosi 3,5 m. Sve uzdužne oznake su pune, osim crte za prestrojavanje u prometnu traku za skretanje u lijevo ili desno. Postoje i polja za

usmjerivanje prometa koja označuju površinu na kojoj je zabranjen promet i na kojoj nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila, a nalazi se između dva traka sa suprotnim smjerovima što je važno za istaknuti upravo zbog načina iscrtavanja ovakve površine.

Sve oznake na kolniku, zbog turističke sezone, obnavljaju se. Na predmetnom raskrižju oznake se obnavljaju krajem travnja. Vrsta oznake je bojana oznaka, a koristi se jer je najmanje cijene, ali ima kratak vijek trajanja i slabo se vidi na mokrom kolniku.

Pješačkih prijelaza u samom raskrižju nema, ali oko 300 metara od raskrižja na privozu državne ceste D8 iz smjera Šibenika nalazi se pješački prijelaz koji bi inače trebale koristiti osobe koje ilegalno pretrčavaju cestu kroz raskrižje.

Biciklističke staze ne postoje.

3.3. Analiza prometnog opterećenja

Analiza prometnog opterećenja je prikupljanje podataka o količini i strukturi vozila u prometnom toku. Dobije se brojenjem prometa. Brojenje prometa se izvodi na dva načina [11]:

- Statičko brojenje – brojenje u nekom presjek,
- Dinamičko brojenje – brojenje prometnog toka.

Za potrebe diplomskog rada obavilo se statičko brojenje prometa. Statičko brojenje prometa je izvedeno u određenim vremenskim intervalima u toku dana na određenom presjeku ceste. Prednost statičkog brojenja prometa je što ne ometa promet. Ova analiza prometnih tokova napravljena je ručno, bilježenjem svih vozila na brojačke listiće.

Vozila su brojana u dva karakteristična sata, u intervalima od 15 minuta u svakom satu. Dan odabran za brojanje prometa je utorak. Karakteristični sati su odabrani prema radim vremenima najvažniji gospodarskih subjekata u široj zoni obuhvata, a to su:

- 7:00 – 8:00,
- 15:00 – 16:00.

Vozila su kroz brojenje prometa svrstava u nekoliko osnovnih skupina, a to su:

- Osobni automobili (OA)
- Teška teretna vozila (TT)
- Laka teretna vozila (LT)
- Autobusi (BUS)
- Motocikl (MOT)

Biciklisti i pješaci nisu brojani zbog nepostojanja adekvatne infrastrukture za njihovo kretanje. Tijekom brojenja prometa uočeno je nekoliko pješaka koji su pretrčavali cestu,

odnosno raskrižje, na mjestima koja nisu obilježena pješačkim prijelazom kao što se vidi na slici 6.

Brojanjem prometa se dobije prometno opterećenje, a ono je u prvom redu izraženo brojem vozila što se u jedinici vremena propušta kroz promatrani presjek. Dobije se brojenjem vozila (osobnih automobila, autobusa, kamiona)što u određenom vremenu prođu kroz promatrani presjek ceste [12].

Za prometne analize je iznimno važan podatak o prosječnom dnevnom prometnom opterećenju (PDP), koji se zbog mjesečnih i dnevnih kolebanja izražava prosječnim godišnjim dnevnim prometom (PGDP) [12]. Osim PGDP-a koristi se i prosječni ljetni dnevni promet (PLDP) koji je važan zbog jako izražene turističke sezone na području Hrvatske. Formula za izraz PGDP-a je:

$$PGDP = \frac{ukupno\ vozila\ godišnje}{365\ dana}\,[vozila/dan]$$

Tablicom 2. prikazan je dio brojačkog listića u koji se popunjavaju podaci o broju vozila na promatranom presjeku. Ovaj primjer tablice sadrži i pješake i bicikliste koji se nisu koristili u ovom brojanju prometa zbog ranije navedenih razloga.

Tablica 2. Tablica brojačkog listića

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT	BIC	PJ
7:00 - 8:00	1 - 2	0 - 15'							
		15' - 30'							
		30' - 45'							
		45' - 60'							
		Ukupno							

Po obavljenom brojenju prometa podaci su uredno uneseni u tablice. Svakom smjeru je dodijeljen broj pa tako:

- Smjer 1 čine vozila koja se kreću iz/prema Zatonskoj ulici,
- Smjer 2 čine vozila iz smjera Zadra na državnoj cesti D8 (D8 zapad),
- Smjer 3 čine vozila koja se kreću iz/prema Ulici Ante Poljička,
- Smjer 4 čine vozila iz smjera Šibenika na državnoj cesti D8 (D8 istok).

Tablica 3. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – D8 zapad

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	1 - 2	0 - 15'	4	0	3	0	0
		15' - 30'	3	0	1	0	0
		30' - 45'	9	0	1	0	0
		45' - 60'	11	0	4	0	0
		Ukupno	27	0	9	0	0

Tablica 4. Popodnevno opterećenje za tok Zatonska ulica – D8 zapad

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	1 - 2	0 - 15'	12	0	3	0	1
		15' - 30'	9	0	1	0	0
		30' - 45'	11	0	2	0	0
		45' - 60'	7	0	3	0	1
		Ukupno	39	0	9	0	2

Tablica 5. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – Ulica Ante Poljička

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	1 - 3	0 - 15'	8	1	1	0	0
		15' - 30'	5	0	1	0	0
		30' - 45'	7	0	0	0	0
		45' - 60'	3	0	0	0	0
		Ukupno	23	1	2	0	0

Tablica 6. Popodnevno opterećenje za tok Zatonska ulica – Ulica Ante Poljička

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	1 - 3	0 - 15'	4	1	1	0	0
		15' - 30'	8	1	0	0	2
		30' - 45'	7	0	1	0	0
		45' - 60'	6	0	0	0	0
		Ukupno	25	2	2	0	2

Tablica 7. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – D8 istok

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	1 - 4	0 - 15'	3	0	2	0	0
		15' - 30'	5	0	3	0	0
		30' - 45'	2	0	0	0	0
		45' - 60'	4	0	0	0	0
		Ukupno	14	0	5	0	0

Tablica 8. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – Ulica Ante Poljička

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	1 - 4	0 - 15'	3	0	0	0	0
		15' - 30'	5	0	2	0	0
		30' - 45'	3	0	0	0	2
		45' - 60'	7	0	2	0	1
		Ukupno	18	0	4	0	3

Smjer 2

Tablica 9. Jutarnje opterećenje za tok D8 zapad – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	2 - 1	0 - 15'	2	1	1	0	0
		15' - 30'	2	0	1	0	0
		30' - 45'	1	0	0	0	0
		45' - 60'	4	0	0	0	0
		Ukupno	9	1	2	0	0

Tablica 10. Popodnevno opterećenje za tok D8 zapad – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	2 - 1	0 - 15'	5	0	1	0	0
		15' - 30'	3	0	0	0	1
		30' - 45'	7	0	3	0	1
		45' - 60'	2	1	0	0	0
		Ukupno	17	1	4	0	2

Tablica 11. Jutarnje opterećenje za tok D8 zapad – Ulica Ante Poljička

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	2 - 3	0 - 15'	3	0	3	0	0
		15' - 30'	5	0	1	0	0
		30' - 45'	12	0	1	0	0
		45' - 60'	7	0	4	0	0
		Ukupno	27	0	9	0	0

Tablica 12. Popodnevno opterećenje za tok D8 zapad – Ulica Ante Poljička

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	2 - 3	0 - 15'	9	1	3	0	0
		15' - 30'	7	0	1	0	0
		30' - 45'	3	0	0	0	0
		45' - 60'	4	0	0	0	0
		Ukupno	23	1	4	0	0

Tablica 13. Jutarnje opterećenje za tok D8 zapad – D8 istok

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	2 - 4	0 - 15'	77	2	3	1	0
		15' - 30'	89	1	2	2	2
		30' - 45'	144	1	5	4	0
		45' - 60'	99	1	6	4	3
		Ukupno	409	5	16	11	5

Tablica 14. Popodnevno opterećenje za tok D8 zapad – D8 istok

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	2 - 4	0 - 15'	96	1	2	2	3
		15' - 30'	108	2	5	3	2
		30' - 45'	119	2	4	4	1
		45' - 60'	93	1	3	3	1
		Ukupno	416	6	14	12	7

Smjer 3

Tablica 15. Jutarnje opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	3 - 1	0 - 15'	2	0	1	0	0
		15' - 30'	1	0	0	0	0
		30' - 45'	3	0	0	0	0
		45' - 60'	5	0	1	0	1
		Ukupno	11	0	2	0	1

Tablica 16. Popodnevno opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	3 - 1	0 - 15'	4	0	1	0	3
		15' - 30'	2	0	1	0	1
		30' - 45'	1	0	0	0	0
		45' - 60'	1	0	0	0	0
		Ukupno	8	0	2	0	4

Tablica 17. Jutarnje opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – D8 zapad

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	3 - 2	0 - 15'	5	0	0	0	0
		15' - 30'	3	0	1	0	0
		30' - 45'	2	0	1	0	0
		45' - 60'	3	0	1	0	0
		Ukupno	13	0	3	0	0

Tablica 18. Popodnevno opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	3 - 2	0 - 15'	5	0	1	0	0
		15' - 30'	3	0	1	0	0
		30' - 45'	4	0	0	0	1
		45' - 60'	4	0	1	0	0
		Ukupno	16	0	3	0	1

Tablica 19. Jutarnje opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – D8 istok

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	3 - 4	0 - 15'	7	1	3	0	0
		15' - 30'	5	1	2	0	0
		30' - 45'	3	0	4	1	0
		45' - 60'	18	0	4	1	1
		Ukupno	33	2	13	2	1

Tablica 20. Popodnevno opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – D8 istok

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	3 - 4	0 - 15'	10	1	2	1	1
		15' - 30'	13	0	3	0	0
		30' - 45'	14	1	3	0	2
		45' - 60'	9	0	3	0	1
		Ukupno	46	2	11	1	4

Smjer 4

Tablica 21. Jutarnje opterećenje za tok D8 istok – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	4 - 1	0 - 15'	4	1	1	0	0
		15' - 30'	6	0	1	0	0
		30' - 45'	9	0	0	0	0
		45' - 60'	7	0	0	0	1
		Ukupno	26	1	2	0	1

Tablica 22. Popodnevno opterećenje za tok D8 istok – Zatonska ulica

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	4 - 1	0 - 15'	8	0	1	0	2
		15' - 30'	7	0	1	0	2
		30' - 45'	11	0	0	0	0
		45' - 60'	8	0	2	0	1
		Ukupno	34	0	4	0	5

Tablica 23. Jutarnje opterećenje za tok D8 istok – D8 zapad

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	4 - 2	0 - 15'	85	2	3	1	0
		15' - 30'	91	2	3	2	0
		30' - 45'	149	1	5	2	2
		45' - 60'	138	0	4	1	2
		Ukupno	463	5	15	6	4

Tablica 24. Popodnevno opterećenje za tok D8 istok – D8 zapad

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	4 - 2	0 - 15'	109	2	3	3	2
		15' - 30'	111	2	3	2	1
		30' - 45'	153	1	5	2	2
		45' - 60'	138	1	7	1	2
		Ukupno	511	6	18	8	7

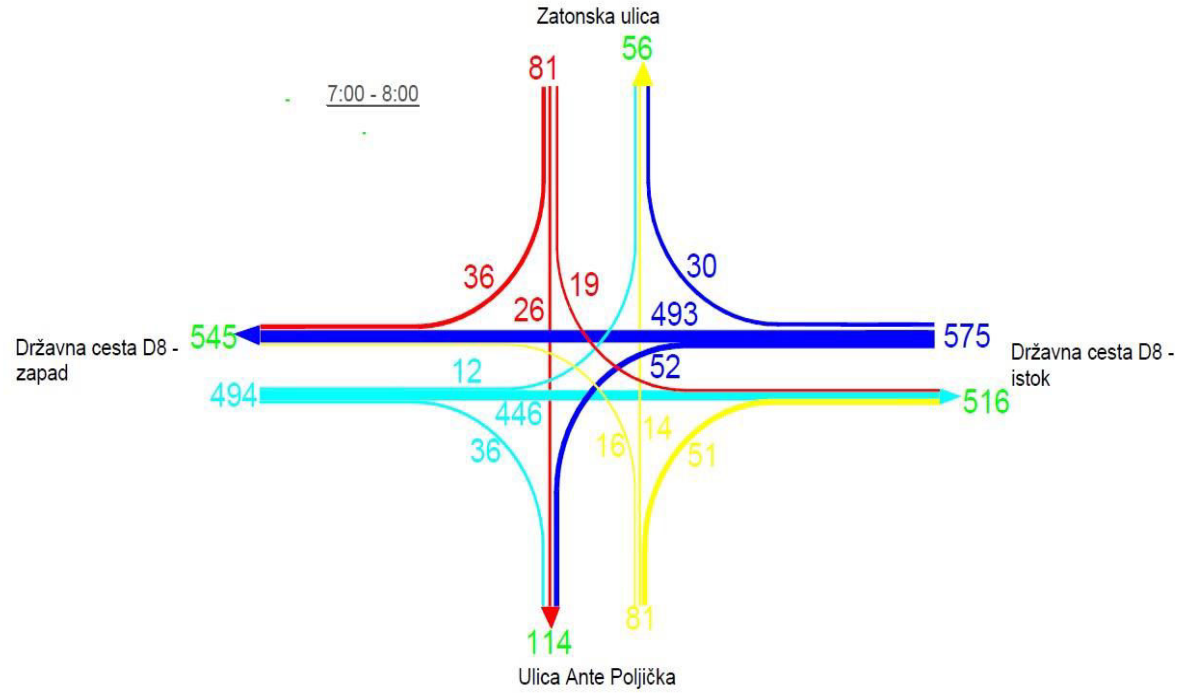
Tablica 25. Jutarnje opterećenje za tok D8 istok – Ulica Ante Poljička

Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
7:00 - 8:00	4 - 3	0 - 15'	8	1	3	0	0
		15' - 30'	9	0	1	0	0
		30' - 45'	12	0	1	0	0
		45' - 60'	15	0	1	0	1
		Ukupno	44	1	6	0	1

Tablica 26. Popodnevno opterećenje za tok D8 istok – Ulica Ante Poljička

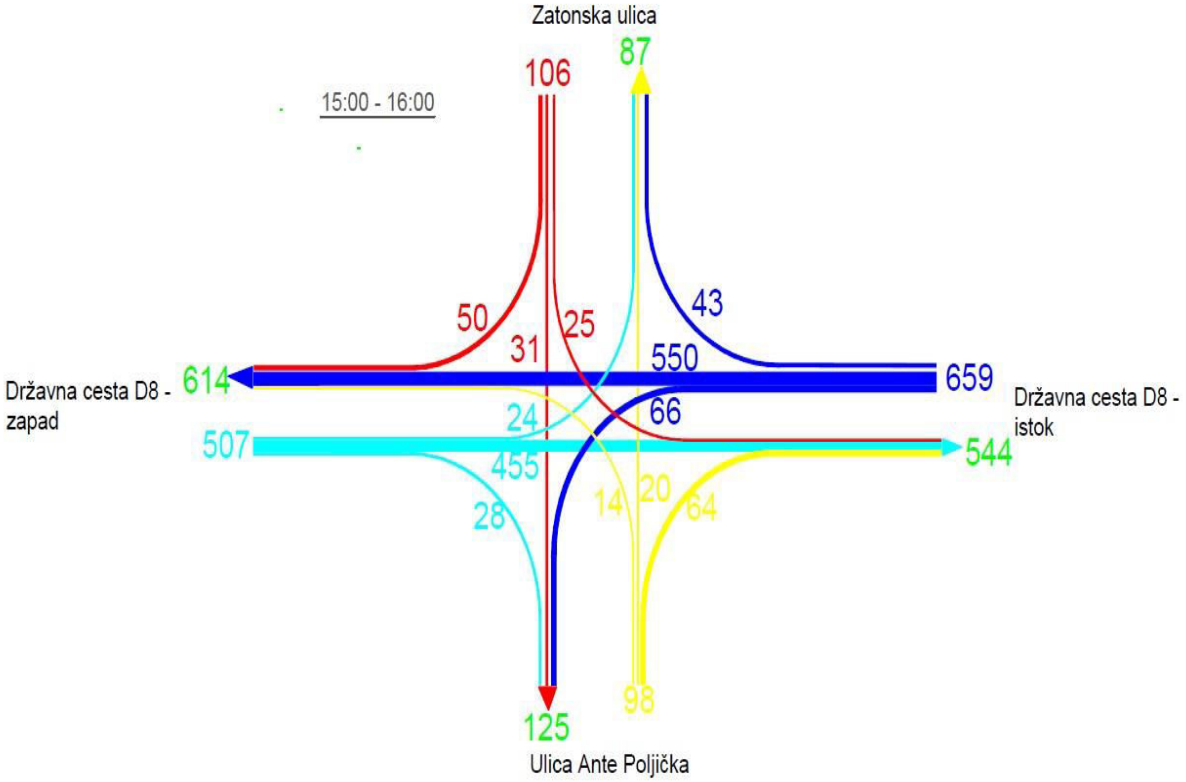
Vrijeme	Smjer	15'-int	OA	TT	LT	BUS	MOT
15:00 - 16:00	4 - 3	0 - 15'	11	1	3	1	2
		15' - 30'	12	0	1	0	0
		30' - 45'	13	0	2	0	0
		45' - 60'	17	0	2	0	1
		Ukupno	53	1	8	1	3

Prikupljen podaci o brojanju prometa iz jutarnjeg vršnog sata prikazani su na slici 15.



Slika 15. Grafički prikaz prometnih tokova kroz raskrižje Zatonske Ulice – državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička

Prikupljen podaci o brojanju prometa iz popodnevnog vršnog sata prikazani su na slici 16.



Slika 16. Grafički prikaz prometnih tokova kroz raskrižje Zatonske Ulice – državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička

4. PROGNOZA PROMETA

Prognoza prometa je predviđanje prometnih zahtjeva na određenoj prometnoj lokaciji ili mreži, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. Osnovni ulazni parametri za izradu prometne prognoze, odnosno podatci na kojima se temelji prometna prognoza su [13]:

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

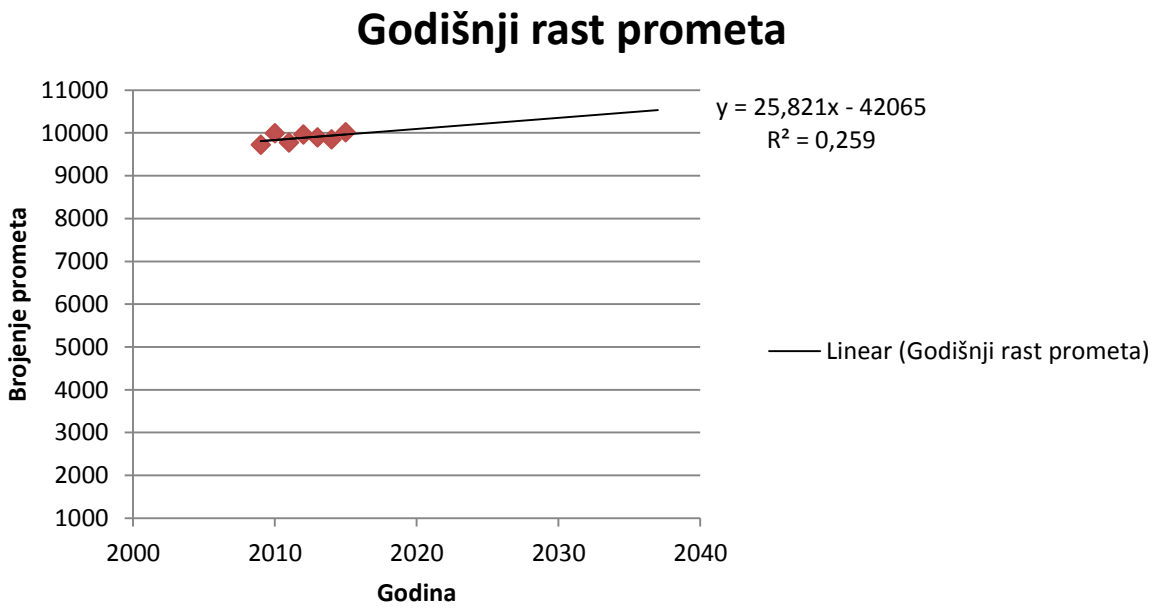
Navedeni parametri zahtijevaju iznimno obuhvatnu analizu, ali kako je riječ o samoj primjeni modela optimizacije odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju, a ne na široj prometnoj mreži prometna prognoza će se napraviti prema postojećim podacima o brojanju prometa. U praksi postoje razni matematički, statistički i ekspertni modeli za izradu prognoze prometa temeljem navedenih ulaznih podataka. Najčešće korišteni modeli su prognoza prometa primjenom pravca regresije i prognoza prometa korištenjem složenog kamatnog računa.

4.1. Prognoza prometa primjenom pravca regresije

Prognozira se promet za razdoblje od sljedećih 20 godina. Za prognozirano prometno opterećenje uzet je smjer iz grada Zadra (Pirovac) državnom cestom (D8). Promet je trenutno u blagom porastu, stoga se i nadalje očekuje rast od 2%. Trenutna i buduća situacija prikazat će se u na osnovu podataka iz tablice 27. kroz grafikon 1 i grafikon 2.

Tablica 27: Brojanje prometa na D8 (Pirovac) [14]

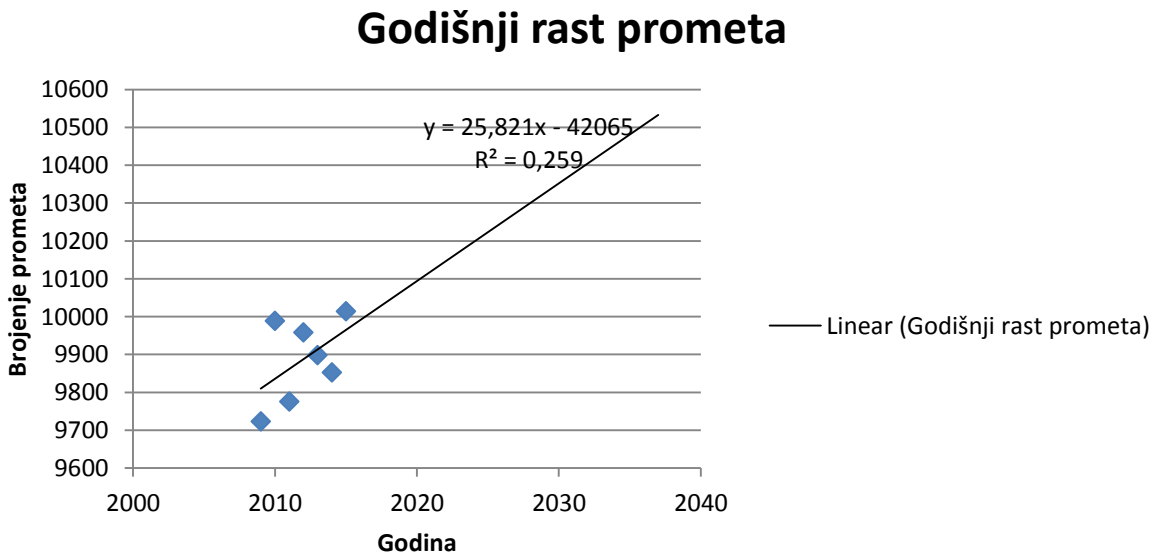
5305 – Pirovac (D8) – Brojanje prometa	
Godina	Broj vozila [voz/h]
2009	9723
2010	9989
2011	9776
2012	9958
2013	9898
2014	9853
2015	10014



Grafikon 1: Godišnji rast prometa (na skali 1000 – 11000 vozila)
Izvor: [14]

Y = 25.821 * 2027 – 42065 = 10274.167 vozila ≈ 10274 vozila

Prikaz na skali (9600 – 10600) vozila



Grafikon 2: Godišnji rast prometa (na skali 9600 – 10600 vozila)
Izvor: [14]

Y = 25.821 * 2027 – 42065 = 10274.167 vozila ≈ 10274 vozila

4.2. Prognoza prometa primjenom metode složenog kamatnog računa

Osim što se porast prometa može prognozirati primjenom pravca regresije koristi se i metoda složenog kamatnog računa. Ovom metodom, prognoziran je promet na raskrižju i to u narednom razdoblju od 5, 10 i 20. godina. Za prvih pet godina uzet je porast prometa od 1%, za narednih pet 2% i za preostalih deset godina uzet je porast od 3%. Iz navedenih postotaka vidljivo je da prosječni postotak porasta prometa iznosi 2%.

Porast prometa je računat prema formuli (1) za složeni kamatni račun za svako naredno razdoblje posebno. Formula prema kojoj su izračunati svi porasti je prikazana u nastavku:

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

gdje oznake korištene u formuli imaju značenje:

- p – godišnji porast prometa [%]
- n – broj godina za koliko se predviđa porast prometa
- PGDP – prosječni godišnji dnevni promet.

Prema podacima iz brojenja prometa , dobivenima terenskim mjerenjima, opterećenje cijele zone obuhvata, odnosno raskrižja, za pojedina vršna vremena jutarnji odnosno popodnevni vršni sat možemo procijeniti PGDP . PGDP se izračunava tako da se broj vozila u izbrojan u vršnom satu pomnoži s koeficijentom između 9 i 14.

PGDP raskrižja dobije se zbrojem svih prometnih tokova koja ulaze ili izlaze iz raskrižja. U ovom slučaju zbrojit će se opterećenja svih prometnih tokova koja izlaze iz raskrižja.

Opterećenje prometnih tokova koji izlaze u Zatonskoj ulici iznosi 87 voz/h. Opterećenje prometnih tokova koji izlaze na državnoj cesti D8 u smjeru Zadra iznosi 614 voz/h. Opterećenje svih prometnih tokova koji izlaze u Ulici Ante Poljička iznosi 125 voz/h i opterećenja svih prometnih tokova koji izlaze na državnoj cesti D8 u smjeru Zadra iznosi 544 voz/h. Koeficijent korišten za preračun broja vozila iz vršnog opterećenja u PGDP iznosi 10.

Stoga:

$$544 + 125 + 614 + 87 = 1370\ voz/h$$

$$1370 * 10 = \ \ 13700\ voz/dan$$

Kao što je navedeno prosječni porast prometa iznosi 2% u sljedećih 20 godina. Preko dobivenog PGDP-a prvo će se prognozirati rast za 5 pa za 10, pa za 20 godina. Pretpostavlja se rast od 2% zbog većeg broja stanovnika te zbog porasta broja turista u gradu Vodicama.

Koristi se formula navedena na početku poglavlja za prognozu prometa korištenjem složenog kamatnog računa.

Proračun prognoze prometa za 5 godina:

$$13700 * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^5 = \ 14398.84 \ \approx 14398 \ voz/dan$$

Iz izračuna je vidljivo da bi PGDP za 5 godina iznosio 14398 voz/dan.

$$\frac{14398}{10} = 1439.8 \ \approx 1439 \ voz/h$$

Opterećenje u vršnom satu iznosi 1439 voz/h.

Proračun prognoze prometa za 10 godina:

$$14396 * \left(1 + \frac{2}{100}\right)^5 = \ 15894.35 \ \approx 15894 \ voz/dan$$

Iz izračuna je vidljivo da bi PGDP za 10 godina iznosio 15894 voz/dan.

$$\frac{15894}{10} = 1589.4 \ \approx 1589 \ voz/h$$

Opterećenje u vršnom satu iznosi 1589 voz/h.

Proračun prognoze prometa za 20 godina:

$$15894 * \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{10} = \ 21360.21 \ \approx 21360 \ voz/dan$$

Iz izračuna je vidljivo da bi PGDP za 20 godina iznosio 21360 voz/dan.

$$\frac{21360}{10} = 2136 \ \approx 2136 \ voz/h$$

Opterećenje u vršnom satu iznosi 2136 voz/h.

Kako se predviđa porast prometa potrebno je napraviti model optimizacije odvijanja prometnih tokova koji će smanjiti zagušenje na postojećem prometnom raskrižju. Dio prometa će uzeti buduća obilaznica grada Vodica, ali kako turistička sezona se sve više širi, te kako je broj turista veći iz godine u godinu novo prometno rješenje je neophodno.

5. PRIJEDLOG MODELA OPTIMIZACIJE ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Kako bi se napravilo prometno rješenje koje će ukloniti nedostatke na postojećem raskrižju potrebno je izraditi i model optimizacije odvijanja prometnih tokova po kojem će se odvijati promet u rekonstruiranom raskrižju. Model optimizacije odvijanja prometnih tokova obuhvaća izmjene u postojećim prometnim tokovima u vidu smanjenja konfliktnih točaka ili u smanjenju rizika nastanka prometne nesreće prilikom obavljanja neke od osnovnih prometnih radnji prikazanih slikom 12.

Postojeći modeli organizacije prometnih tokova zasnovani na pravilima odvijanja prometa ne vode brigu o minimiziranju konflikata između prometnih tokova u konfliktnim točkama. Ako bi prometnu mrežu predstavljale linije želja, u njoj bi postojao minimalni intenzitet konflikata. Međutim, u praksi je takva mreža neostvariva. Zbog toga je nužno, imajući u vidu linije želja i vrlo kompleksne utjecajne faktore, kreirati prometnu mrežu koja bi omogućila optimalno ostvarivanje težnji za putovanjima uz minimum konflikata. Ovdje zapravo dolazi do osnovnog problema: kako modelirati prometnu mrežu ili prometno raskrižje i usmjeriti promet vodeći računa o postojećoj mreži i raskrižju te o unutrašnjoj hijerarhiji tokova, a da između ostalog intenzitet konflikta bude minimalan [15].

Optimizacija odvijanja prometnih tokova odnosi se i na povećanje propusne moći raskrižja koju je moguće postići i semaforiziranim raskrižjem s ugrađenim detektorima na privozima, kako bi se omogućila maksimalna propusna moć raskrižja.

5.1. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa

Prvi prijedlog je model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa. Raskrižje s kružnim tokom prometa je prometna građevina kružnog oblika s nepovoznim, djelomično povoznim ili provoznim središnjim otokom i kružnim prometnim kolnikom, na koji se vežu tri ili više priključnih cesta (privoza) i u kojem se promet odvija u smjeru suprotnom kretanju kazaljke na satu [16]. Kao i svaki drugi oblik raskrižja i ovo ima i prednosti i nedostatke.

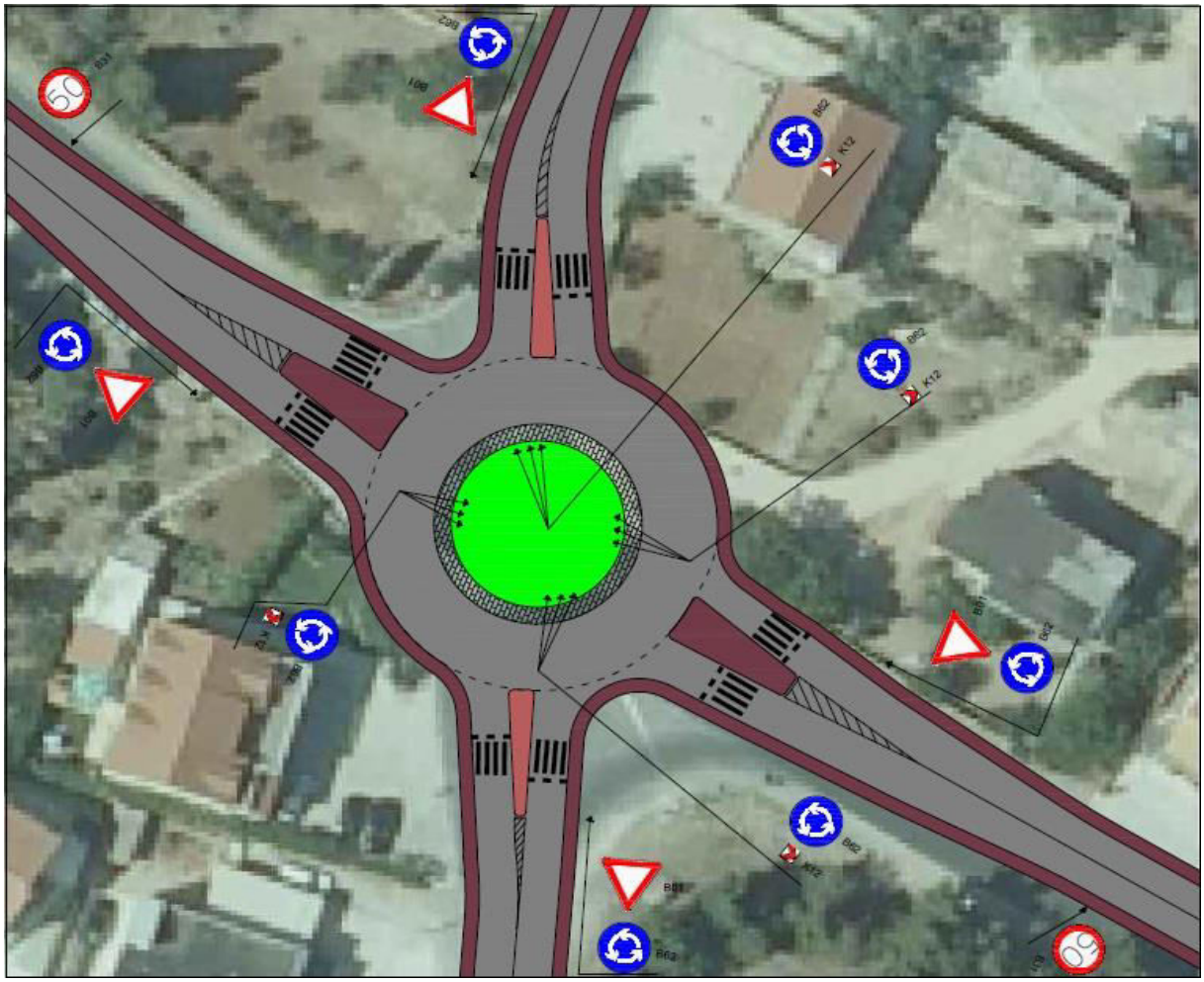
Prednosti raskrižja s kružnim tokom prometa su [16]:

- mnogo veći stupanj sigurnosti prometa (s manjim brojem konfliktnih točaka i manjim brzinama u kružnom toku) uz manje posljedice prometnih nesreća (bez čelnih sudara i sudara pod pravim kutom),
- manja zauzetost zemljišta, troškova izgradnje i održavanja uz mogućnost dobrog uklapanja u prostor,
- veća propusna moć raskrižja uz manje proizvedene buke i emisije štetnih plinova motora vozila,

- skraćenje vremena čekanja na privozima i mogućnost propuštanja većih intenziteta prometnih tokova pojedinih privoza,
- dobro rješenje pri ravnomjernom opterećenju privoza i kao mjera za smirivanje prometa posebno u urbanim sredinama.

Nedostatci raskrižja s kružnim tokom prometa [16]:

- poteškoće s izvedbom središnjeg otoka u naseljenim područjima zbog prostornih ograničenja,
- s povećanjem broja kružnim prometnih trakova smanjuje se stupanj prometne sigurnosti,
- veliko, odnosno višetračno kružno raskrižje nije najpogodnije rješenje na mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalnih uređaja,
- produljenje putanje pješaka i vozila s obzirom na izravno kanalizirana klasična raskrižja,
- problemi pri većem biciklističkom i pješačkom prometu, koji presijecaju jedan ili više privoza prema raskrižju (na mjestima gdje se kreće veliki broj djece),
- naknadna semaforizacije ne utječe bitno na povećanje propusne moći raskrižja.



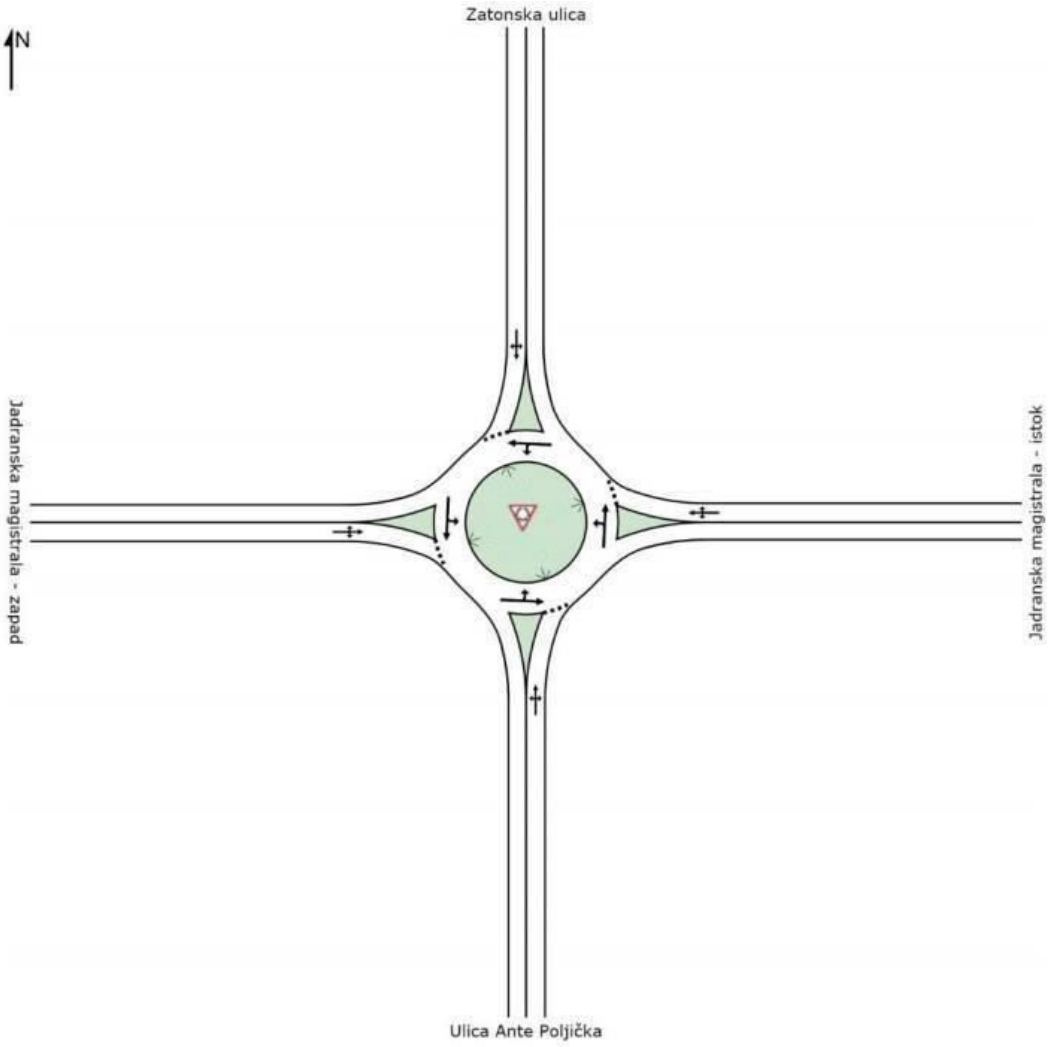
Slika 17. Prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa

Izgradnjom prometnog raskrižja kao što je prikazano na slici 17 i u prilogu 1, na kojem će se primijeniti novi model optimizacije odvijanja prometnih tokova, mora se voditi računa o unutarnjem i vanjskom okruženju, odnosno o užem i širem području raskrižja. Povodom tog radi se SWOT analiza. SWOT (Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats) analiza sagledava četiri osnovna elementa, odnosno snage i slabosti, kao unutarnje čimbenike, i prilike i prijetnje kao vanjske čimbenike. Analizira čimbenike koji određuju snagu predmeta analize, slabosti, neiskorištene prilike i moguće prijetnje odnosno opasnosti, a njihova kritična analiza daje osnovu za izradu strategije. Ne daje nikakve specifične odgovore, nego predstavlja način učinkovite organizacije informacija i osjetljivih značajki kao baza podataka za izgradnju prometne, pa čak i poslovne strategije i operativnih planova [17]. U tom se kontekstu ova analiza može razumjeti kao prikaz unutrašnjih snaga i slabosti i vanjskih prilika i prijetnji s kojima se predmet analize, odnosno ovaj model optimizacije odvijanja prometnih tokova, suočava.

Tablica 28. SWOT matrica – raskrižje s kružnim tokom prometa

Snage	Povećanje prometne sigurnosti Omogućeno je kretanje pješacima u zoni raskrižja Smanjenje brzine u raskrižju Niski troškovi izgradnje Smanjenje broja konfliktnih točaka
Slabosti	Moguće zagušenje u vršnim satima Manji protok na glavnim pravcima nego kod četverokrakog raskrižja Otežan prolazak žurnih službi
Prilike	Smanjenje emisije CO_2 Lakše uključivanje u promet kod sporednih privoza Mogućnost implementacije biciklističkih staza Lakše kretanje vozila iz Zatonske ulice u Ulicu Ante Poljička
Prijetnje	Mogućnost pojave repova čekanja u vršnom satu Potreba za otkupom dodatnog zemljišta

Tablicom 28. prikazane su snage, slabosti, prilike i prijetnje koje bi uzrokovao model optimizacije odvijanja prometnih tokova primjenom raskrižja s kružnim tokom prometa. Ovo je načelna analiza, svih, za promet vezanih čimbenika koje bi osim na sigurnost i protok mogle utjecati i na poslovno okruženje, odnosno gospodarske zone u blizini raskrižja. Prometna infrastruktura, odnosno dobra prometna povezanost su preduvjet za ostvarenje gospodarskog rasta jer prilikom plasmana proizvoda na tržište, njegov transport ima jako velik utjecaj.



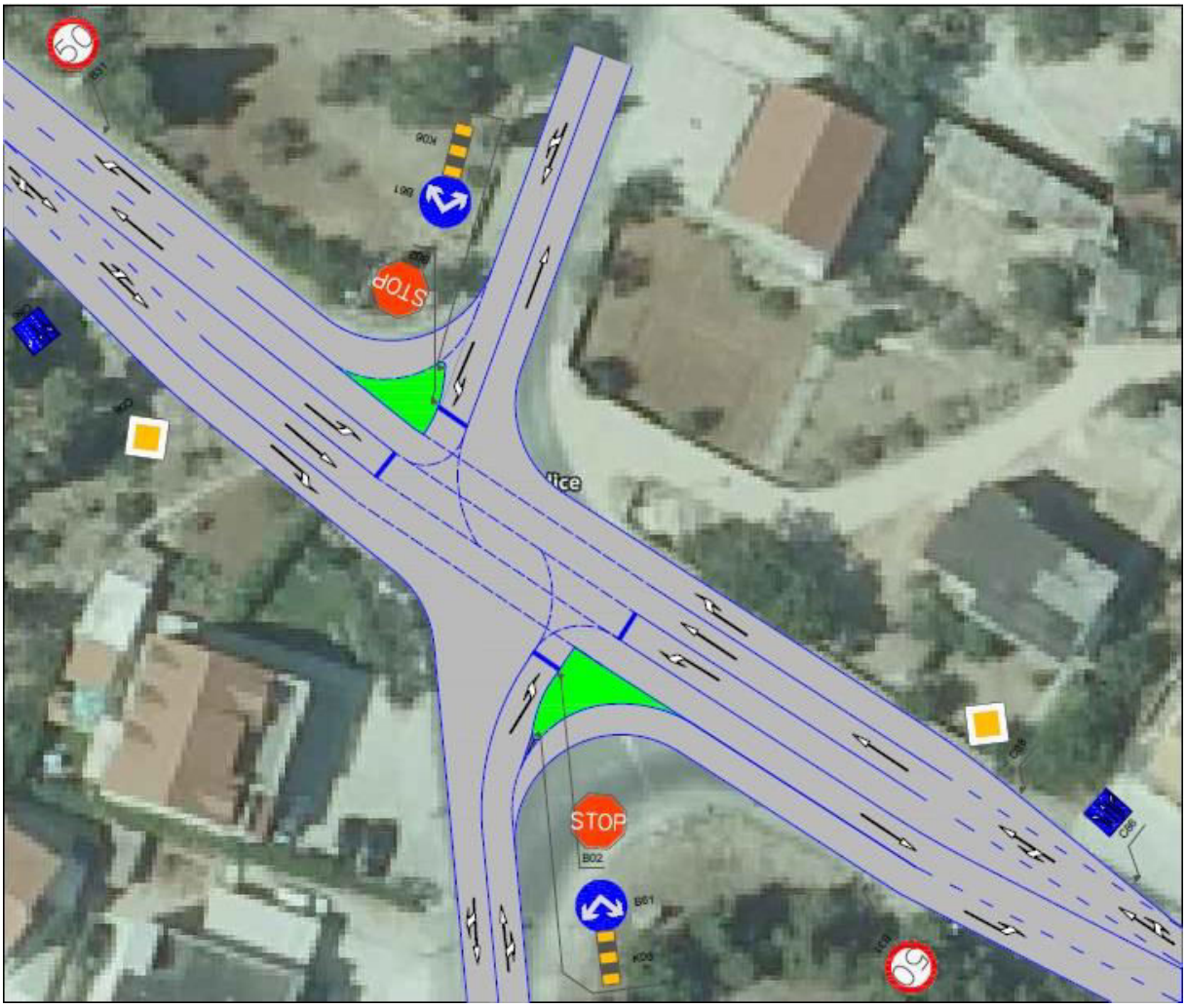
Slika 18. Prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra intersection

Slika 18 prikazuje predmetno raskrižje pretvoreno u raskrižje s kružnim tokom prometa. Programski alat Sidra intersection na ovaj način prikazuje raskrižja s kružnim tokom prometa, te nakon unosa ulaznih parametara moguće je izvoditi analize. Analize ovim programskim alatom će ukazati na to koliko ovaj oblik raskrižja, odnosno ovaj model optimizacije odvijanja prometnih tokova na predmetnom raskrižju donosi benefita u pogledu odvijanja prometnih tokova.

5.2. Prijedlog modela optimizacije odvijanja prometnih tokova na četverokrakom raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje

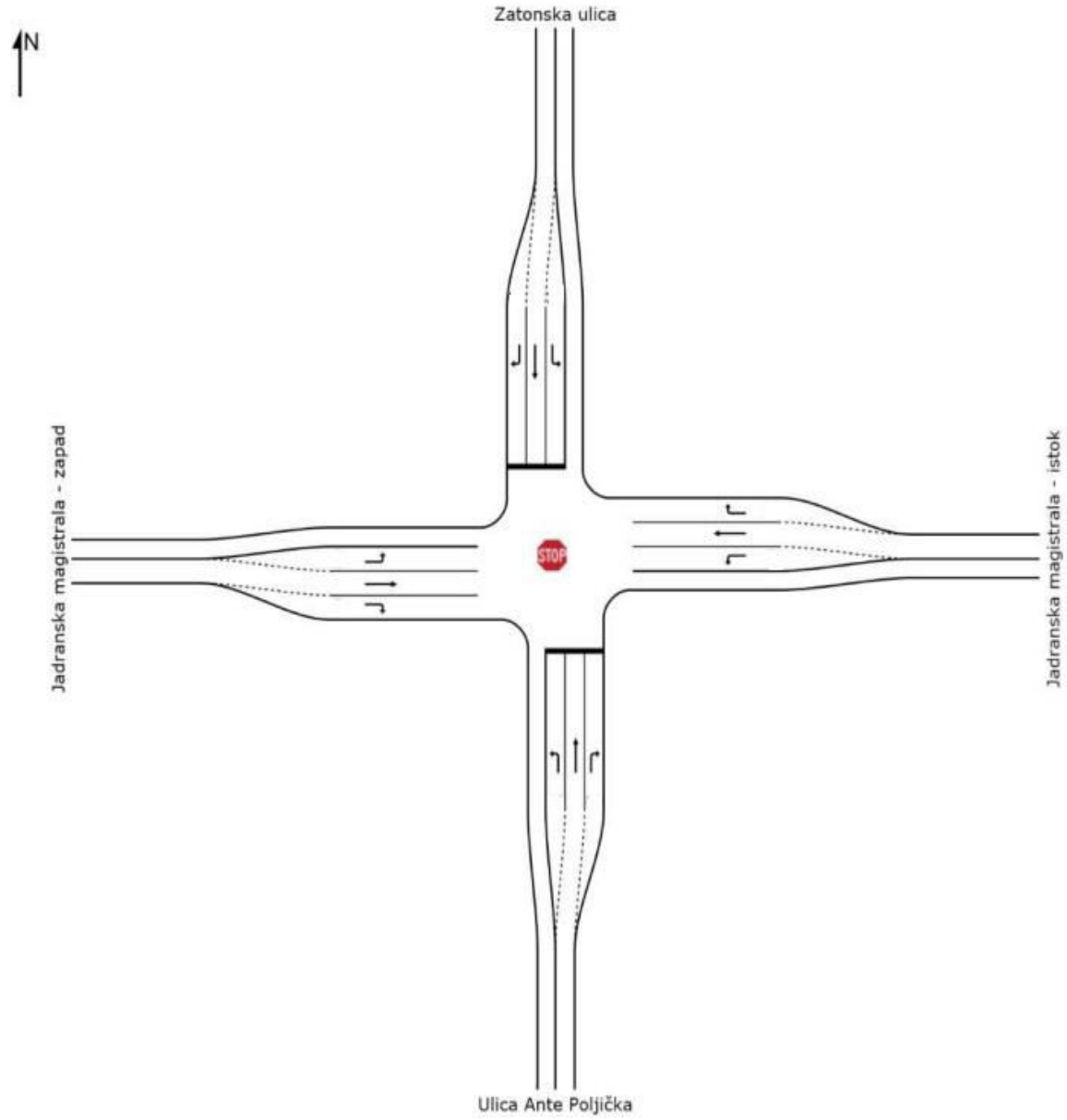
Model optimizacije odvijanja prometnih tokova rekonstrukcijom postojećeg raskrižja, obuhvaća dodatne trakove za ubrzanje i usporenje vozila te bi se na taj način izvršila optimizacija odvijanja prometnih tokova u smislu većeg protoka vozila u samom raskrižju, a ne smanjenjem broja konfliktnih točaka. Optimizacija izvođenjem ovog tipa raskrižja obuhvaća i smanjenje rizika nastanka prometne nesreće prilikom uplitanja ili isplitanja

prometnih tokova. Bitno je izraditi dovoljno duge trakove za ubrzanje i usporenje prometa kako se ne bi dobio suprotan efekt. Problem kod ovog modela optimizacije odvijanja prometnih tokova je taj što sva dosadašnja lijeva skretanja bi ostala ista te se ne bi smanjila opasnost od nastanka prometne nesreće prilikom izlaska vozila iz Zatonske ulice ili Ulice Ante Poljička na državnu cestu D8, te brzine vozila koje su ionako bile problem ne bi se smanjile. Idejno rješenje je prikazano na slici 19 i prilogu 2.



Slika 19. Prikaz rekonstruiranog raskrižja s trakovima za ubrzanje i usporenje prometa

Rekonstruirano raskrižje na slici 19., predstavlja primijenjen postojeći model odvijanja prometnih tokova s postojećim trakovima za ubrzanje i usporenje prometa. Raskrižje osim gore navedenih problema ne dozvoljava pješacima kretanje preko državne ceste D8, što dovodi do opasnosti da pješak pretrčava cestu. Osim tog navedeno rješenje nema dovoljno prostora za izgradnju nogostupa te buduće planiranje biciklističkih staza. Prednost je što raskrižje zahtjeva minimum građevinskih radova. Detaljniji pregled svih snaga, slabosti, prilika i prijetnji prikazan je SWOT matricom u tablici 29.



Slika 20. Prikaz rekonstruiranog raskrižja s trakovima za ubrzanje i usporenje prometa u programskom alatu Sidra interection

Slika 20 prikazuje rekonstruirano postojeće raskrižje s trakovima za ubrzanje i usporenje prometa u programskom alatu Sidra intersection. Ovo raskrižje će biti glavna podloga za daljnje programske analize. Izgled raskrižja je prikazan na ovaj način radi programskih ograničenja.

Tablica 29. SWOT matrica – četverokrako raskrižje s trakama za ubrzanje i usporenje

Snage	Veći protok vozila na iznimno opterećenoj državnoj cesti Trakovi za ubrzanje i usporenje prometa Nisi troškovi izgradnje Manji rizik od nastanka prometne nesreće kod uplitanja i isplitanja vozila
Slabosti	Velik broj konfliktnih točaka Teža mogućnost implementacije biciklističkih staza Nedostatak pješačkih prijelaza
Prilike	Lakše kretanje žurnih službi Ubrzavanje prometnog toka
Prijetnje	Mogućnost pojave repova čekanja u vršnom satu Veći rizik nastanka prometne nesreće na lijevim skretanjima sporednih privoza Mogućnost postizanja prevelikih brzina na državnoj cesti D8

5.3. Prijedlog optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima

Jedan od novih model optimizacije odvijanja prometnih tokova uključuje i postavljanje semafora na svim privozima raskrižja. Postavljanjem semafora omogućilo bi se i iscrtavanje pješačkih prijelaza na privozima što bi omogućilo i kretanje pješaka preko raskrižja što dosad nije bio slučaj. Osnovni ciljevi semaforiziranog raskrižja su povećati (poboljšati) [18]:

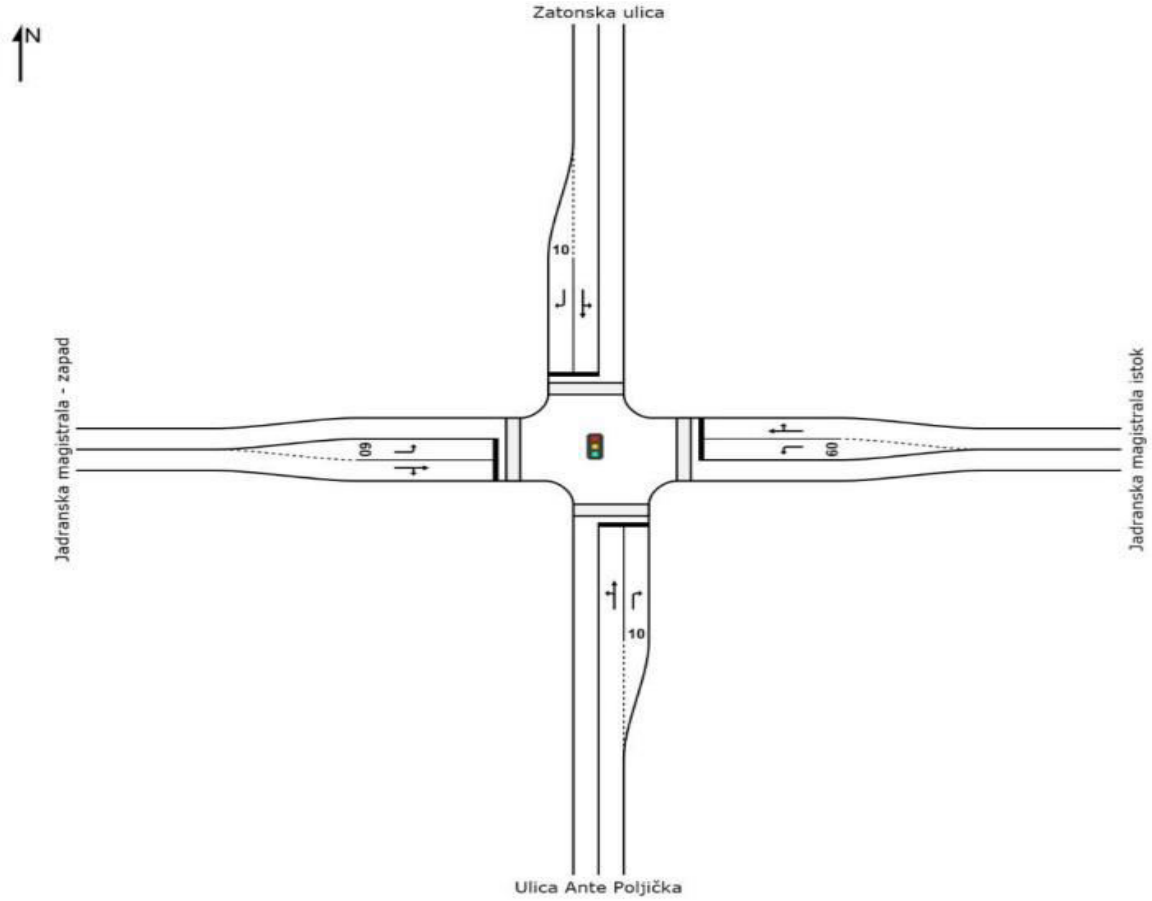
- kvalitetu prometovanja (npr. repovi i vrijeme čekanja - utjecaj na ostala raskrižja); preduvjet: geometrijski i prometni uvjeti ;
- sigurnost (npr. smanjivanje određenog tipa prometnih nesreća; preglednost).

Zadaća svjetlosnih prometnih znakova [19]:

- uspostavljanje pravilnog i urednog toka prometa,
- povećanje sigurnosti toka prometa,
- uspostavljanje približno kontinuiranog toka prometa,
- prekidanje toka prometa u ulicama s velikim opterećenjem radi prolaska pješaka i vozila iz ulica manjeg značenja,
- davanje prednosti jednoj vrsti prometa pred drugom,
- usmjerivanje prometa u određene pravce i trakove,
- upozoravanje vozača na opasna mjesta (prijelaz preko pruge i sl.).

Tablica 30. SWOT matrica – raskrižje upravljano semaforima

Snage	Povećanje prometne sigurnosti Omogućeno je kretanje pješacima u zoni raskrižja Smanjenje rizika nastanka prometne nesreće Veća sigurnost kod lijevih skretanja
Slabosti	Manji protok na glavnim pravcima nego kod četverokrakog raskrižja bez semafora Nepostojanje semafora na susjednim raskrižjima radi ostvarenja zelenog vala Trošak implementacije
Prilike	Lakše uključivanje u promet kod sporednih privoza Mogućnost implementacije biciklističkih staza Mogućnost korištenja detektora na pojedinim privozima ukoliko bi se pokazali kao efektivni
Prijetnje	Mogućnost pojave repova čekanja u sezoni Potreba za otkupom dodatnog zemljišta Loš signalni plan može smanjiti razinu usluge Nepoštivanje crvenog svjetla na pojedinim privozima



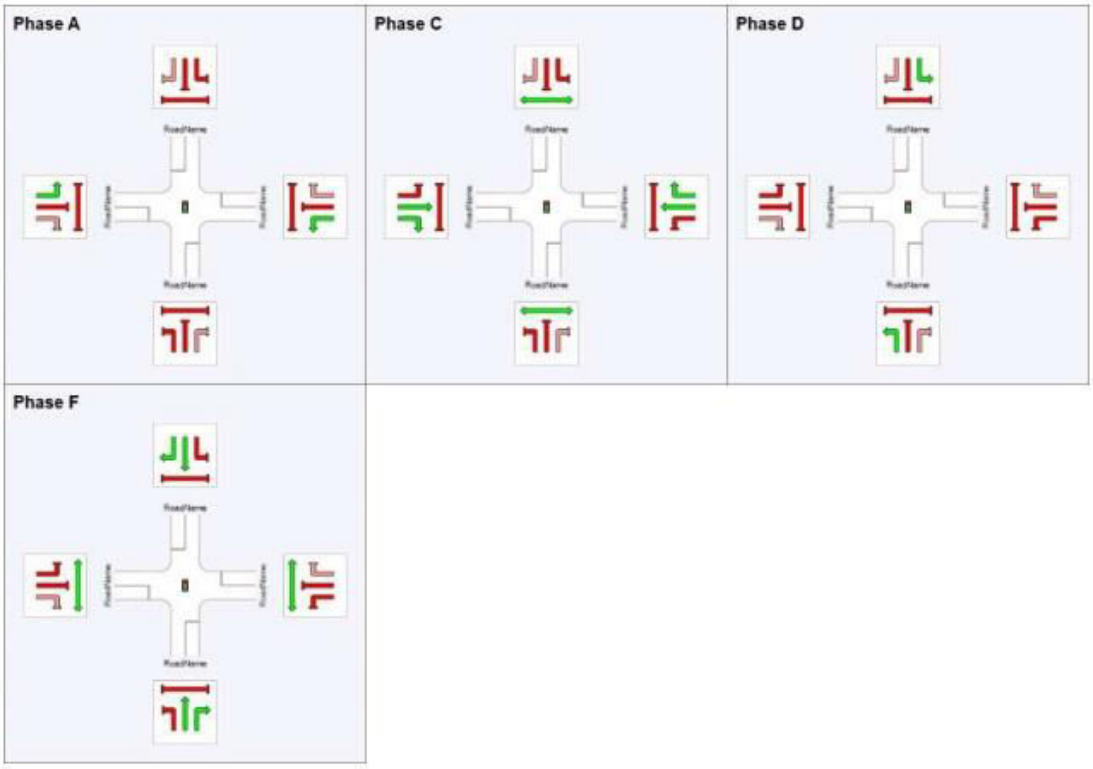
Slika 21. Prikaz raskrižja upravljanog semaforima

Signals - Fixed Time Cycle Time = 80 seconds (Practical Cycle Time)
Variable Sequence Analysis applied. The results are given for the selected output sequence.

Phase times determined by the program
Sequence: Variable Phasing
Movement Class: All Movement Classes
Input Sequence: A, B1, B2, C, D, E1, E2, F
Output Sequence: A, C, D, F

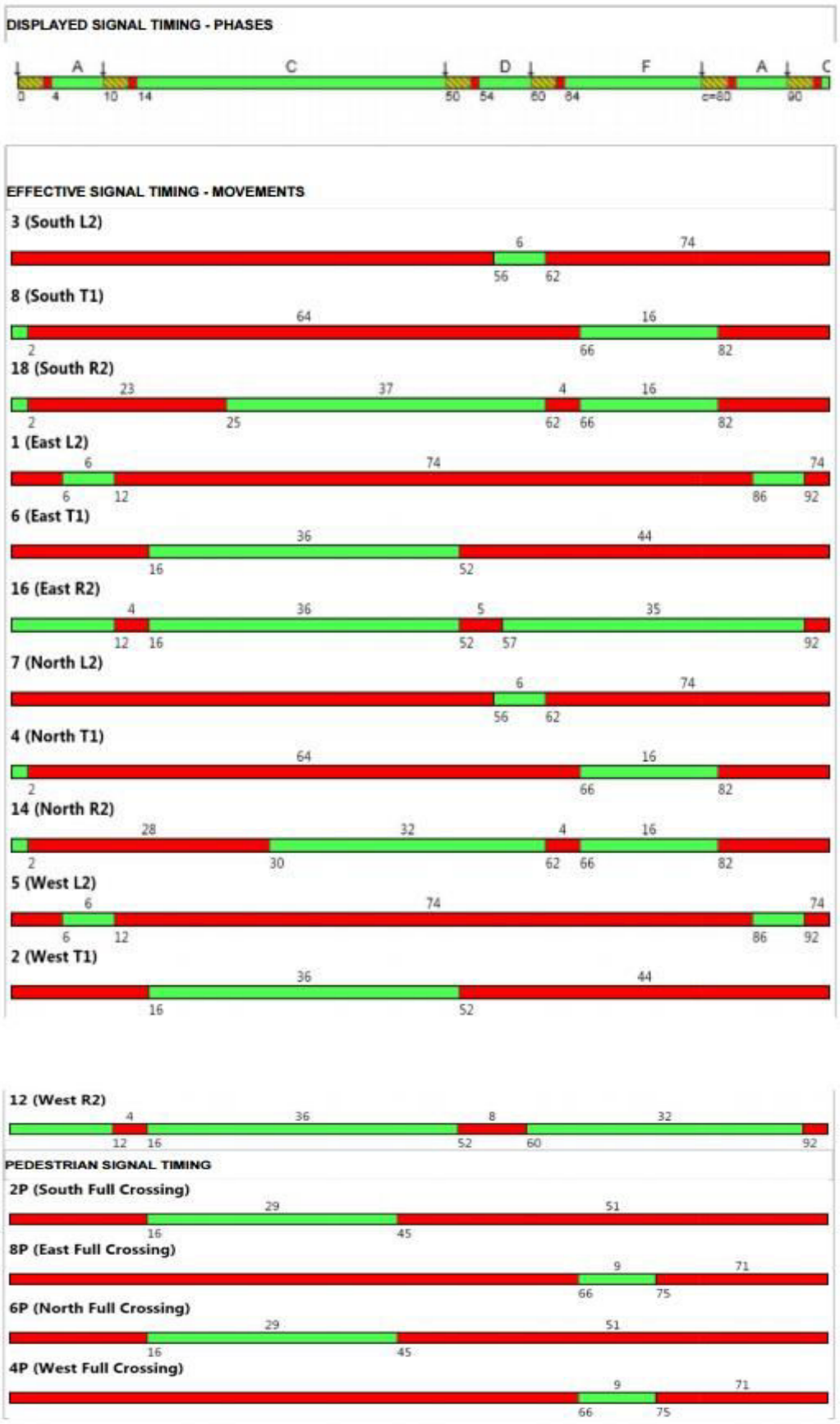
Phase Timing Results

Phase	A	C	D	F
Reference Phase	Yes	No	No	No
Phase Change Time (sec)	0	10	50	60
Green Time (sec)	6	36	6	16
Yellow Time (sec)	3	3	3	3
All-Red Time (sec)	1	1	1	1
Phase Time (sec)	10	40	10	20
Phase Split	13%	50%	13%	25%



Slika 22. Prikaz raskrižja upravljanog semaforima

Slika 22 prikazuje faze raskrižje upravljanog semaforima. Sjeverni privoz je Zatonska ulica. Postoje četiri faze, a to su A, C, D i F prema slikama. U svakoj fazi neki tok je označen crvenom, zelenom ili rozom bojom. Crvena boja označava zabranu skretanja po fazama, zelena moguće kretanje, a roza boja upaljeno crveno svjetlo za pojedinu fazu. Ciklus iznosi 80 sekundi, a na slici iznad faza su prikazana trajanja faza za zelena, žuta i crvena svjetla. Referentna faza po kojoj su rađena vremena za sve faze jest faza A. Slika 23 prikazuje signalni plan, odnosno jednostruki istek svih signalnih pojmova. Na slici 23 je vidljiv prikaz faza u cijelom ciklusu te se vidi da nema preklapanja faza, postoje dostatna međuvremena i dostatna duljina trajanja crvenog svjetla. Signalni plan je prikazan za sve tokove i vozačke i pješačke.



Slika 23. Prikaz raskrižja upravljanog semaforima

6. VERIFIKACIJA PREDLOŽENIH MODELA ODVIJANJA PROMETNIH TOKOVA

Verifikacija predloženih modela odvijanja prometnih tokova daje uvid u to koji je od navedenih modela najpovoljniji za primjenu na postojeće raskrižje Zatonske ulice – Državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička. Kako novi model optimizacije odvijanja prometnih tokova podrazumijeva i rekonstrukciju postojećeg raskrižja ili izgradnju novog potrebno je zadovoljiti određene zahtjeve, odnosno kriterije. Zahtjevi u pogledu oblikovnosti i uporabe raskrižja trebaju se preispitati uz pomoć osnovnih (ciljnih) mjerila[20]:

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

U sklopu navedenih zahtjeva preispitat ćemo razinu usluge prometnog raskrižja, brzine u raskrižju, stupanj zasićenja, repove čekanja, emisiju CO_2, te će se procijeniti trošak izgradnje raskrižja s otkupom zemljišta.

6.1. Sigurnost prometa

Raskrižja će udovoljiti uvjetima sigurne vožnje ako su u cijelosti ili pretežito udovoljavaju zahtjevima [20]:

- pravovremeno prepoznatljiva
- pregledna
- shvatljiva
- dostatno provozna (i prohodna).

Kako postoje tri predložena modela odvijanja prometnih tokova svi će se analizirati i usporediti.

Kod modela odvijanja prometnih tokova koji se ostvaruje raskrižjem s kružnim tokom prometa kriterij pravovremene prepoznatljivosti je zadovoljen sa svih privoza. Zadovoljavanju ovog kriterija doprinose prometni znakovi koji bi bili postavljeni kako bi pravovremeno upozorili na nailazak na raskrižje. Svi prometni znakovi postavljeni su sukladno pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Stoga, raskrižje je lako shvatljivo čemu doprinosi i najjednostavnija izvedba raskrižja s kružnim tokom prometa, koja uključuje po jednu prometnu traku u svakom smjeru na svim privozima, kao i jednu prometnu traku u samom raskrižju s kružnim tokom prometa.

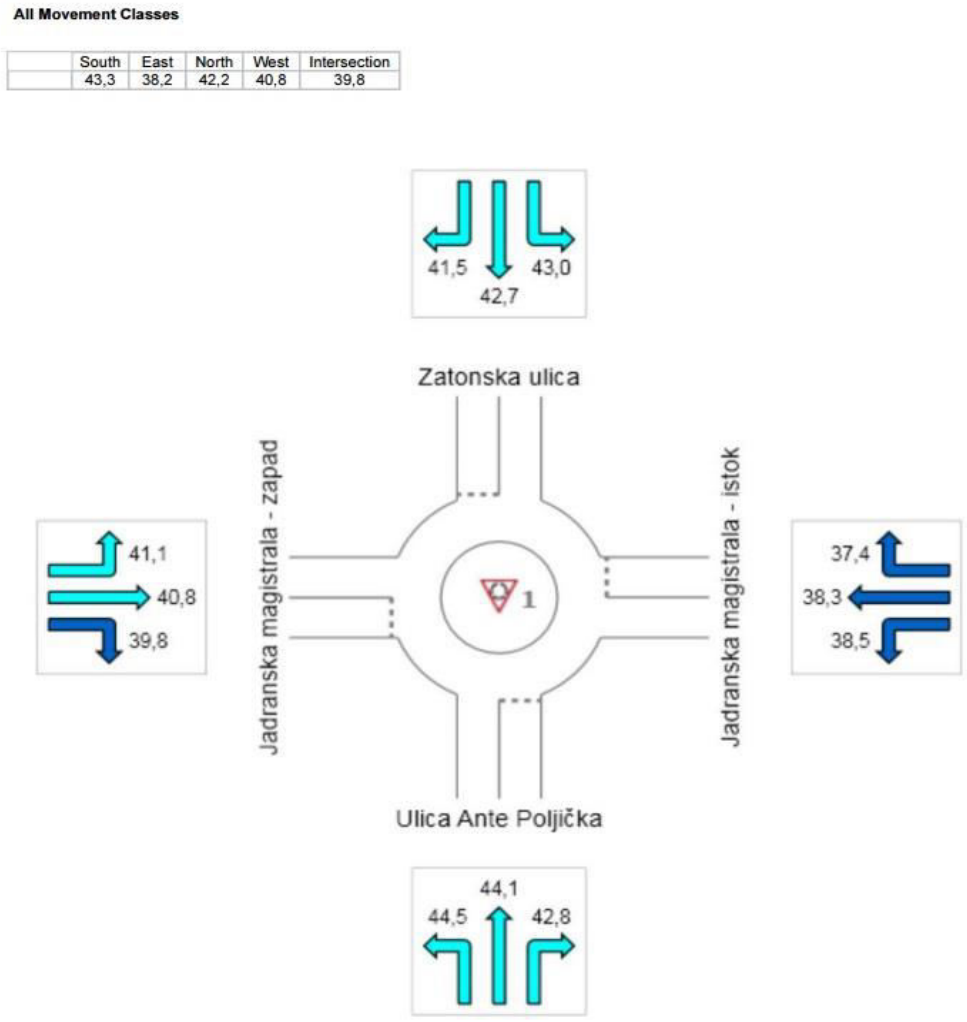
Na dostatnu provoznost raskrižja utječu pravilne veličine projektno oblikovnih elemenata, odnosno ulaznih i izlaznih radijusa, širine prometni traka, radijusa kružnog toka

itd. U smislu dostatne provoznosti rađene su i određene analize u programskom alatu Sidra intersection.

Analize uključuju pregled brzine prometnih tokova po smjerovima i privozima. Brzina ne smije biti ni pretjerano velika, što bi značilo da postoje loši projektno oblikovni elementi, ni pretjerano mala što bi uzrokovalo pad propusne moći, velika zagušenja i nervozu vozača.

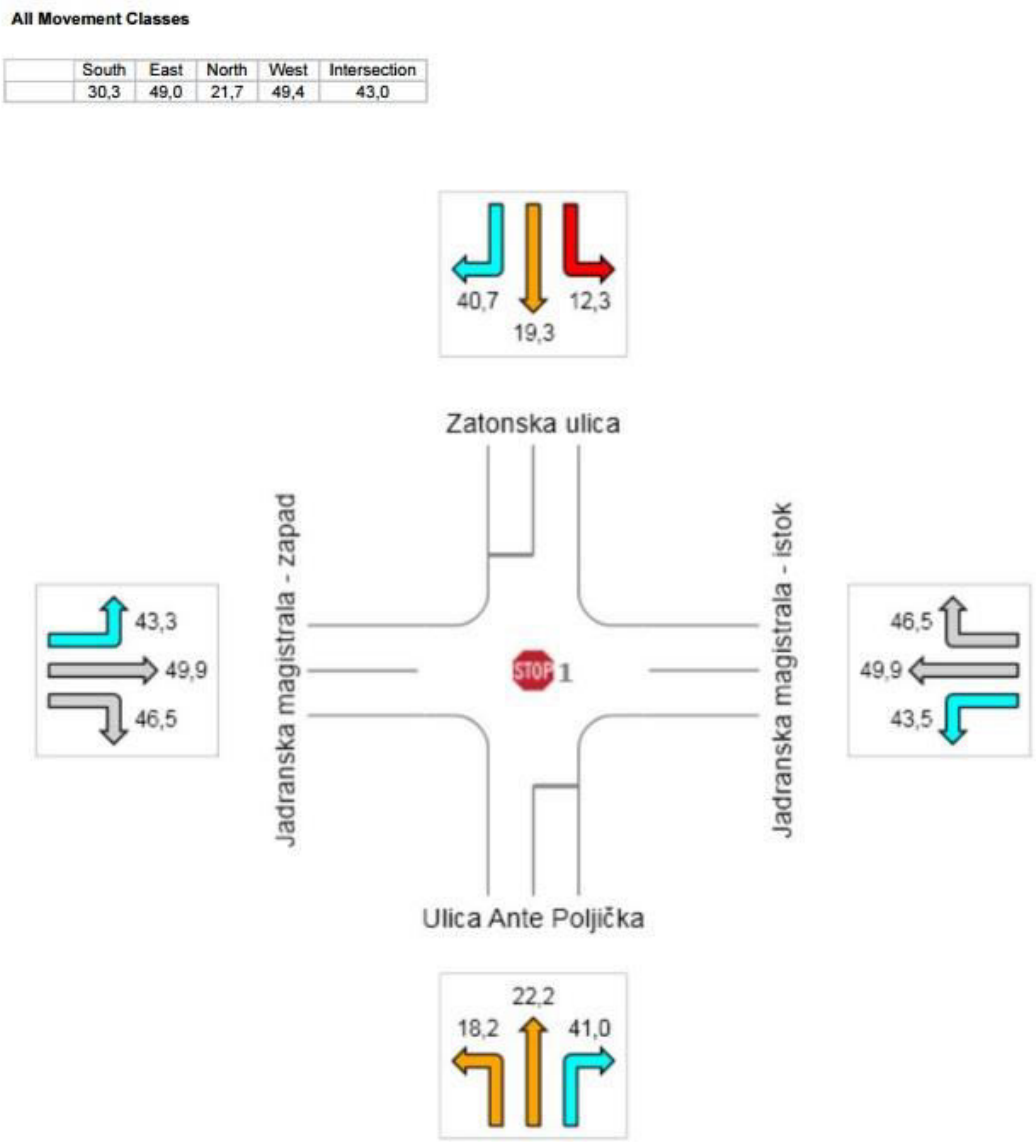
U smislu brzine postoje i ograničenja zadana Zakonom o sigurnosti prometa na cestama na 50 km/h [21].

Brzina prometnih tokova na raskrižju s kružnim tokom prometa je prikazana na slici 24. Analizirajući podatke vidljivo je da su veće brzine na sporednim privozima nego na glavnoj cesti, odnosno na oba privoza državne ceste D8. To se može opravdati većom količinom prometa na glavnoj cesti što uzrokuje manji razmak između vozila, ali i samim time i manje brzine. Prosječna brzina raskrižja iznosi 39,8 km/h. Najmanja brzina je na istočnom privozu što znači da je primjenom ovog tipa raskrižja postignut i željeni efekt sigurnosti koji je opisan u analizi postojećeg stanja, odnosno smanjena je brzina na istočnom privozu.



Slika 24. Prikaz brzina u raskrižju s kružnim tokom prometa

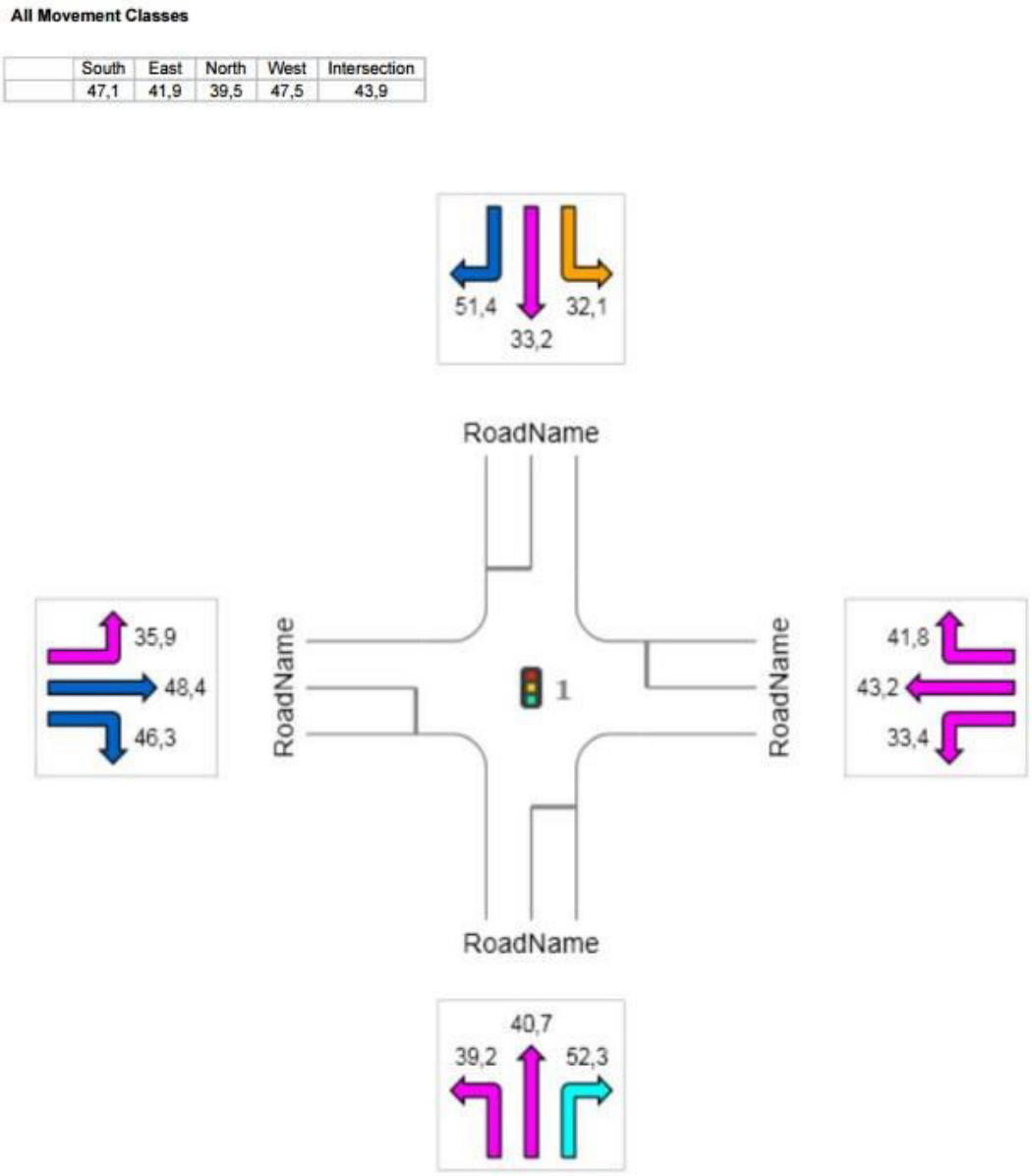
Slika 25 prikazuje brzine u raskrižju s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje. Brzine u ovom raskrižju nisu dobre, odnosno model optimizacije odvijanja prometnih tokova ovim raskrižjem ne bi donio velike benefite. Brzine lijevih skretača su premale, te se na taj način dodatno poveća rizik nastanka prometne nesreće prilikom uključivanja vozila na državnu cestu D8, odnosno Jadransku magistralu. Brzina na državnoj cesti D8 je na rubu ograničene, odnosno iznosi 49,9 km/h što je dobro. Zabrinjavajuće su brzine na trakovima za usporenje, odnosno brzine vozila desnih skretača koji se isključuju s državne ceste D8 jer bi to moglo povećati rizik nastanka prometne nesreće. Prosječna brzina raskrižja iznosi 43 km/h i to je dobro, ali gledajući prosječnu brzinu nemamo uvid u situaciju pojedinih prometnih tokova.



Slika 25. Prikaz brzina u raskrižju s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje

Slika 26. Prikazuje brzine u raskrižju upravljanom prometnim svjetlima. Prosječna brzina raskrižja iznosi 43,9 km/h. Najveća brzina je na desnom skretanju iz Ulice Ante

Poljička i iznosi 52,3 km/h, a uzrokovana je postojećim izlaznim radijusom na tom privozu. Takva brzine je opasna jer može uzrokvati rizično uključivanje vozila na glavnu cestu, bez da se vozač dovoljno dobro uvjerio može li to napraviti bez opasnosti, ukoliko se to radi s uključenom dopunskom strelicom za tu radnju. Brzina vozila na državnoj cesti D8, odnosno na cesti s većim opterećenjem prometa je na zapadu 48,4 km/h i na istoku 43,2 km/h. Brzine lijevih skretanja na sporednim privozima od 51,4 km/h i 39,2 km/h i veće se nego kod prethodnih raskrižja jer prometni tokovi nisu prekidani ostalim vozilima, već se skretanja odvijaju u posebnim fazama.



Slika 26. Prikaz brzina u raskrižju upravljanom prometnim svjetlima

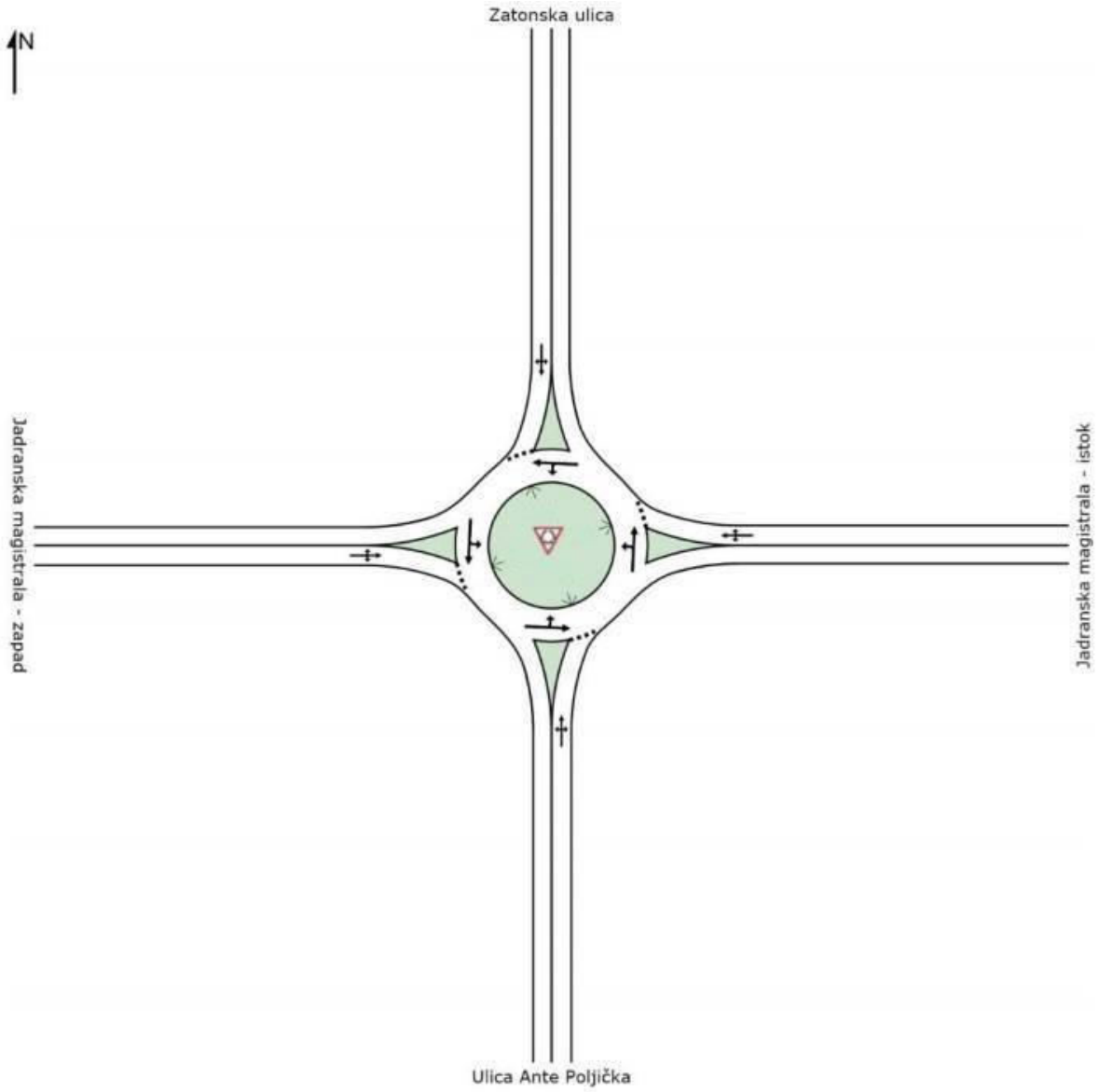
6.2. Kvaliteta odvijanja prometa

Kvalitetu odvijanja prometa opisujemo razinom usluge u raskrižju, odnosno na pojedinim privozima raskrižja. Razina usluge je kvalitativna mjera koja se sastoji od brojnih elemenata, kao što su [22]:

- brzina vožnje,
- vrijeme putovanja,
- sloboda manevriranja,
- prekidi u prometu,
- udobnost vožnje,
- sigurnost vožnje i
- troškovi iskoristivosti vozila.

Postoji 6 razina usluge: A, B, C, D, E i F [23].

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.

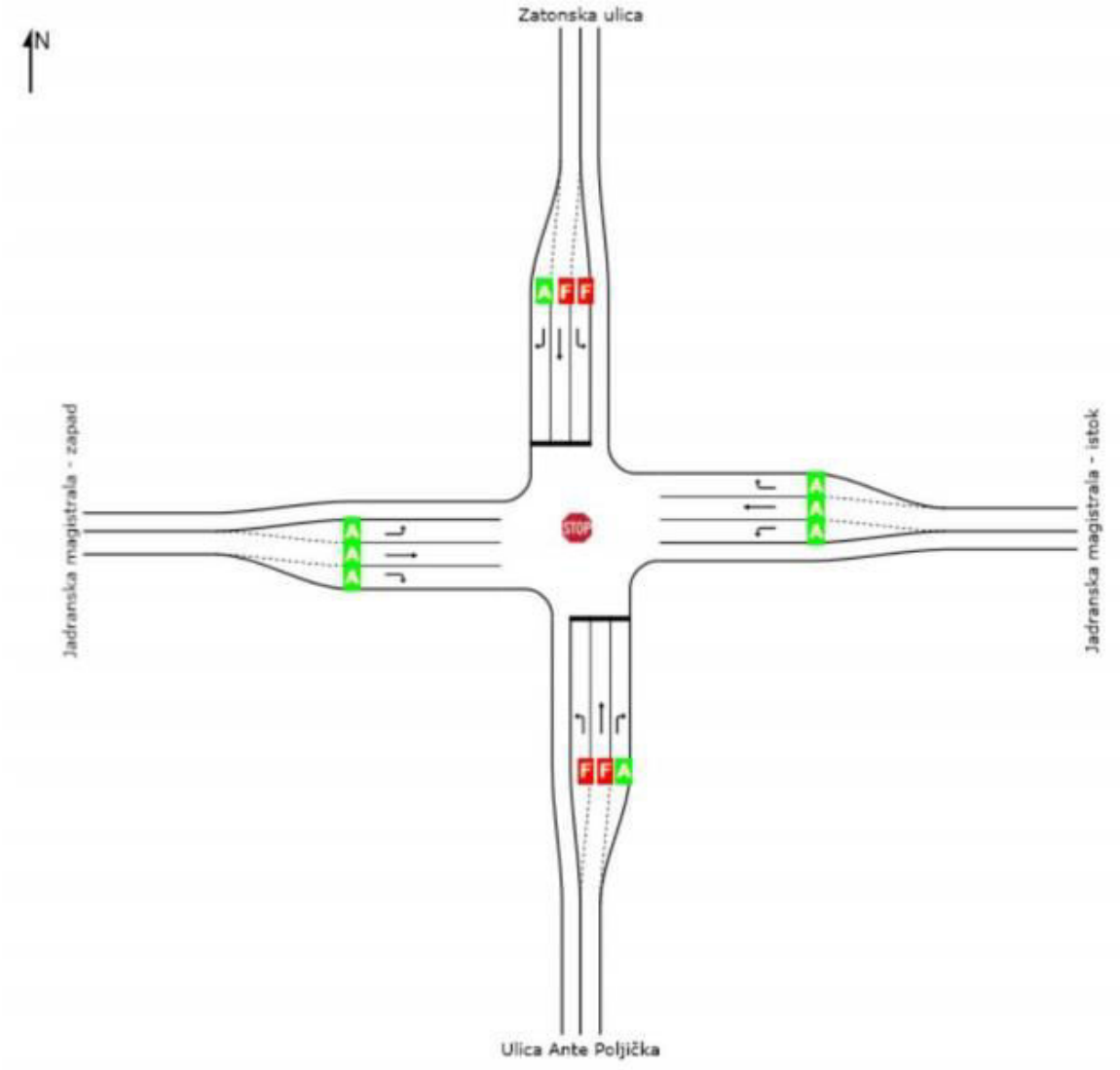


Slika 27. Prikaz razine usluge u raskrižju s kružnim tokom prometa

Na slici 27 prikazane su razine usluga privoza na raskrižju s kružnim tokom prometa. Na privozu Zatonske ulice i Ulice Ante Poljička razine usluge su B, dok je na državnoj cesti D8 odnosno na privozima glavne ceste razina usluge C. Razine usluge na svim privozima su vrlo dobre i dostatne za normalno i kvalitetno odvijanje prometnih tokova.

All Movement Classes

	South	East	North	West	Intersection
LOS	E	NA	F	NA	NA

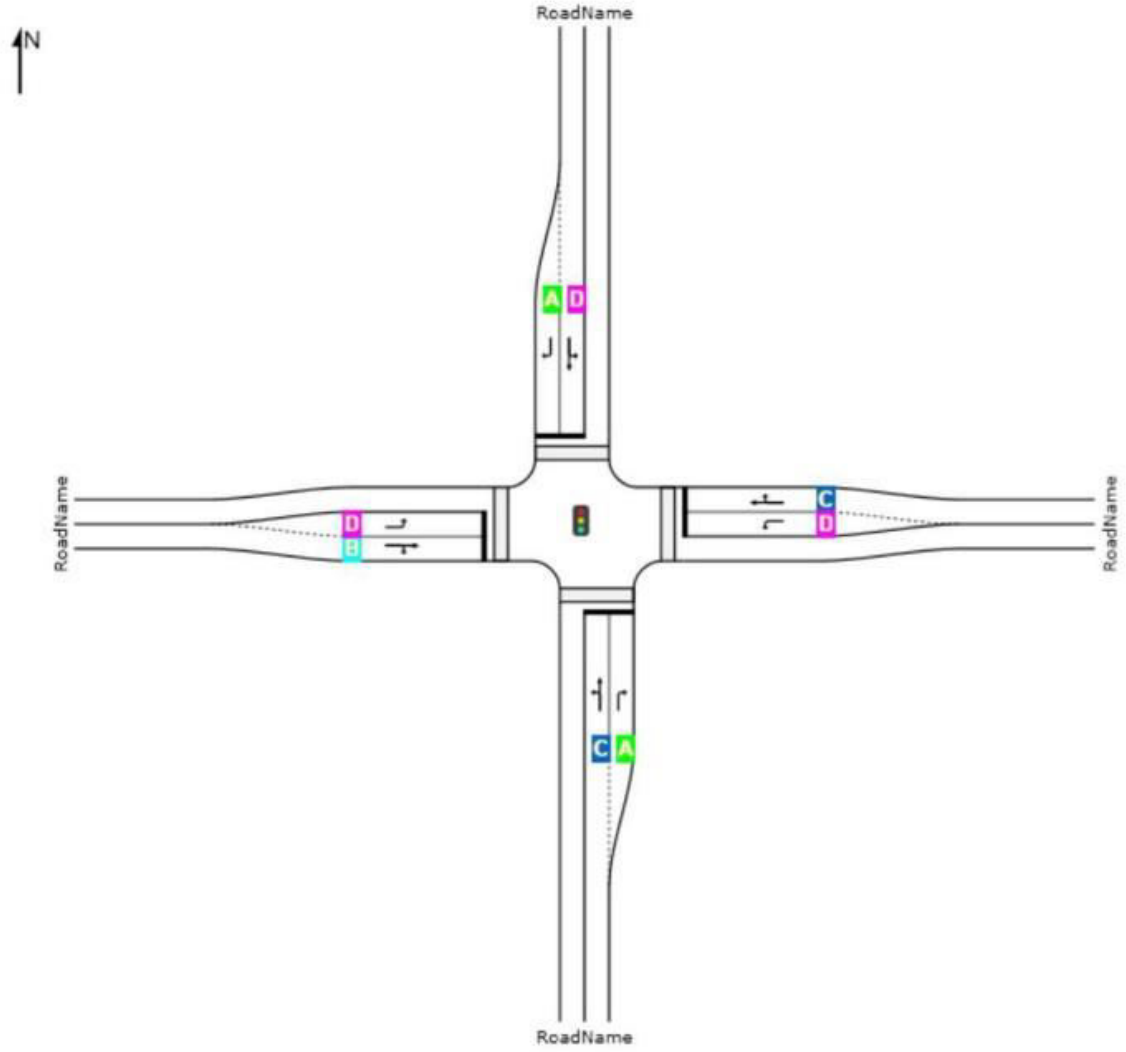


Slika 28. Prikaz razine usluge u raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje

Na slici 28 dat je prikaz razine usluge u raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje vozila. Kako je i iz slike vidljivo na državnoj cesti D8 ostvarena je najviša razina usluge, odnosno A razina, a na sporednim privozima, odnosno Zatonskoj ulici i Ulici Ante Poljička situacija i nije dobra, jer na pojedinim privozima imamo razinu usluge F. Razina usluge F javlja se na ravnim i lijevim skretanjima sporednih privoza. Razina usluge F podrazumijeva prisilni tok, protok vozila koji je manji od propusne moći, odnosno učestala prometna zagušenja. Stoga u kvalitativnom smislu odvijanja prometa ovo raskrižje je niske kvalitete.

All Movement Classes

	South	East	North	West	Intersection
LOS	B	C	C	B	C



Slika 29. Prikaz razine usluge u raskrižju upravljanom prometnim svjetlima

Razina usluge na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima je prikazana na slici 29. Razina usluge na privozima državne ceste D8 je promjenjiva. Na zapadnom privozu smjer ravno i desno ima razinu usluge B što je zadovoljavajuće, ali na skretanju za lijevo je razina usluge D što znači da se prometni tok približava nestabilnom, odnosno postoji mogućnost stvaranja repova čekanja. Na državnoj cesti D8 na istočnom privozu smjer ravno i desno imaju zadovoljavajuću razinu usluge, odnosno C, a na skretanju lijevo je ista situacija kao i na zapadnom privozu. Privoz iz Zatonske ulice ima razinu usluge A za desna skretanja i D za ravno i lijevo skretanje što bi moglo biti i bolje, ali je razumno jer se ta dva prometna toka nalaze u istoj prometnoj traci. Na privozu Ulice Ante Poljička desno skretanje ima razinu usluge A, dok smjer ravno i lijevo ima razinu usluge C, što znači da je prometni tok stabilan i može se kvalitetno odvijati. Razina usluge gledajući cjelokupno raskrižje je zadovoljavajuća, ali s obzirom na približavanje prometnog toka koji uključuje skretanja u lijevo ka nestabilnom

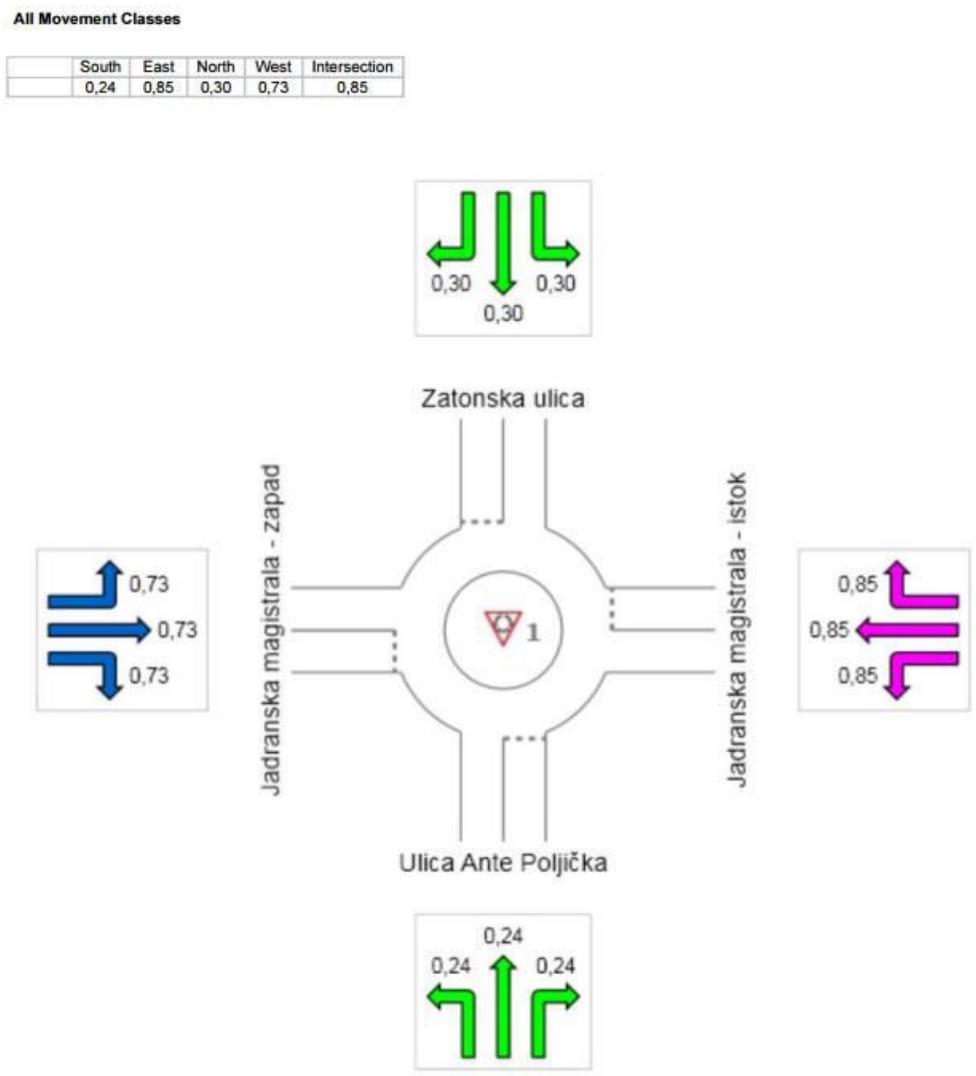
na državnoj cesti D8 ovo rješenje je nešto nepovoljnije nego raskrižje s kružnim tokom prometa.

Osim razine usluge preispitat će se i stupanja zasićenja za pojedini oblik optimizacije odvijanja prometnih tokova. Stupanj zasićenja je prikaz odnosa između volumena, odnosno količine prometa u odnosnu na prometni kapacitet, odnosno propusnu moć. Formula kojom se računa stupanj zasićenja je

$$x = \frac{V}{C}$$

gdje je:
x – stupanj zasićenja
V – volumen prometa [voz/h]
C – prometni kapacitet [voz/h]

Ako je stupanj zasićenja veći od 1 onda raskrižje ne može zadovoljiti potrebnu prometnu potražnju.

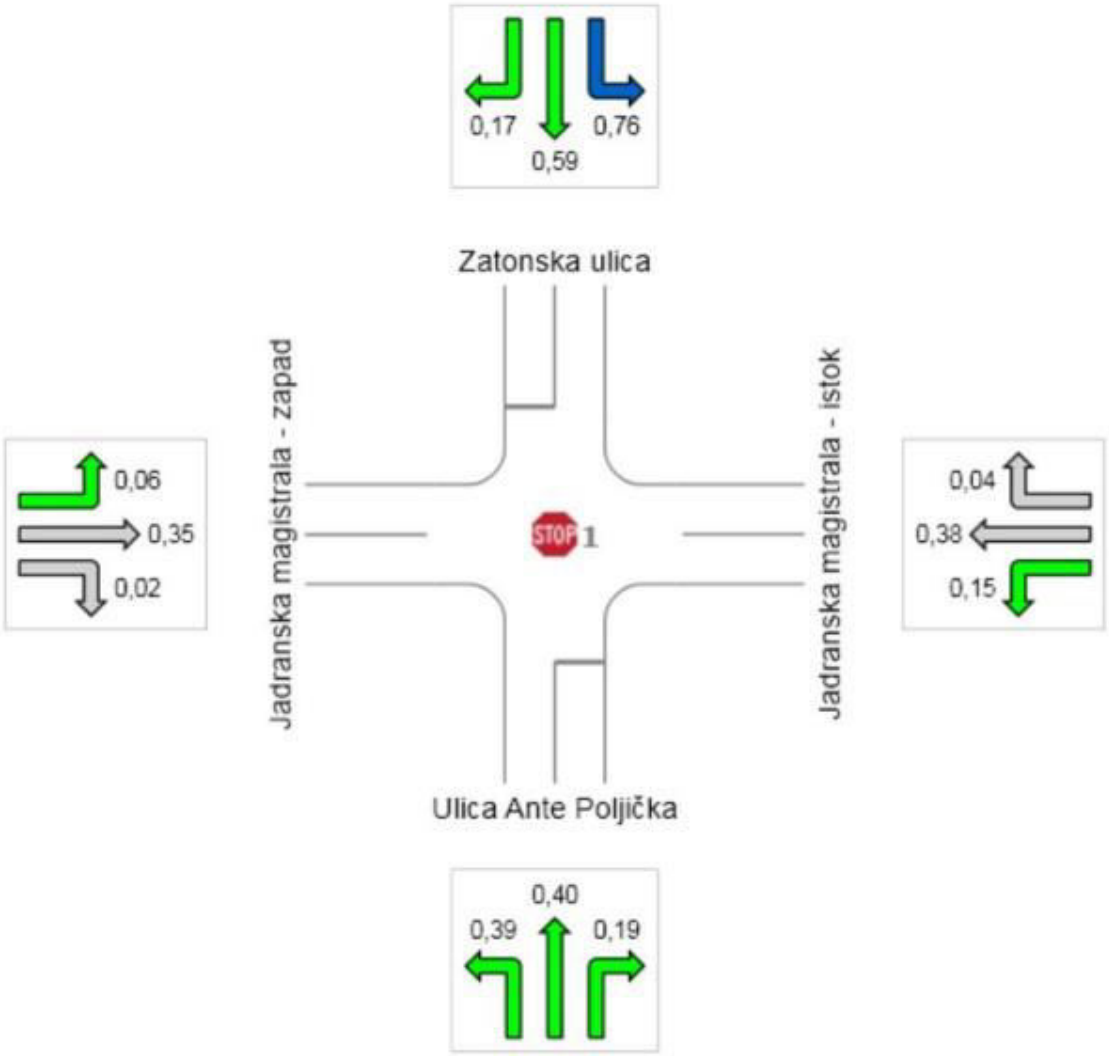


Slika 30. Prikaz stupnja zasićenja na raskrižju s kružnim tokom prometa

Slika 30 prikazuje zasićenost privoza u raskrižju s kružnim tokom prometa. Najzasićeniji privozi su na državnoj cesti D8 što je i opravdano s obzirom na količinu prometa koja prolazi tom cestom. Zasićeniji je smjer iz Vodica prema Zadru i iznosi 0,85. Sporedni privozi u Zatonskoj ulici i Ulici Ante Poljička iznose 0,30 odnosno 0,24.

All Movement Classes

	South	East	North	West	Intersection
	0,40	0,38	0,76	0,35	0,76



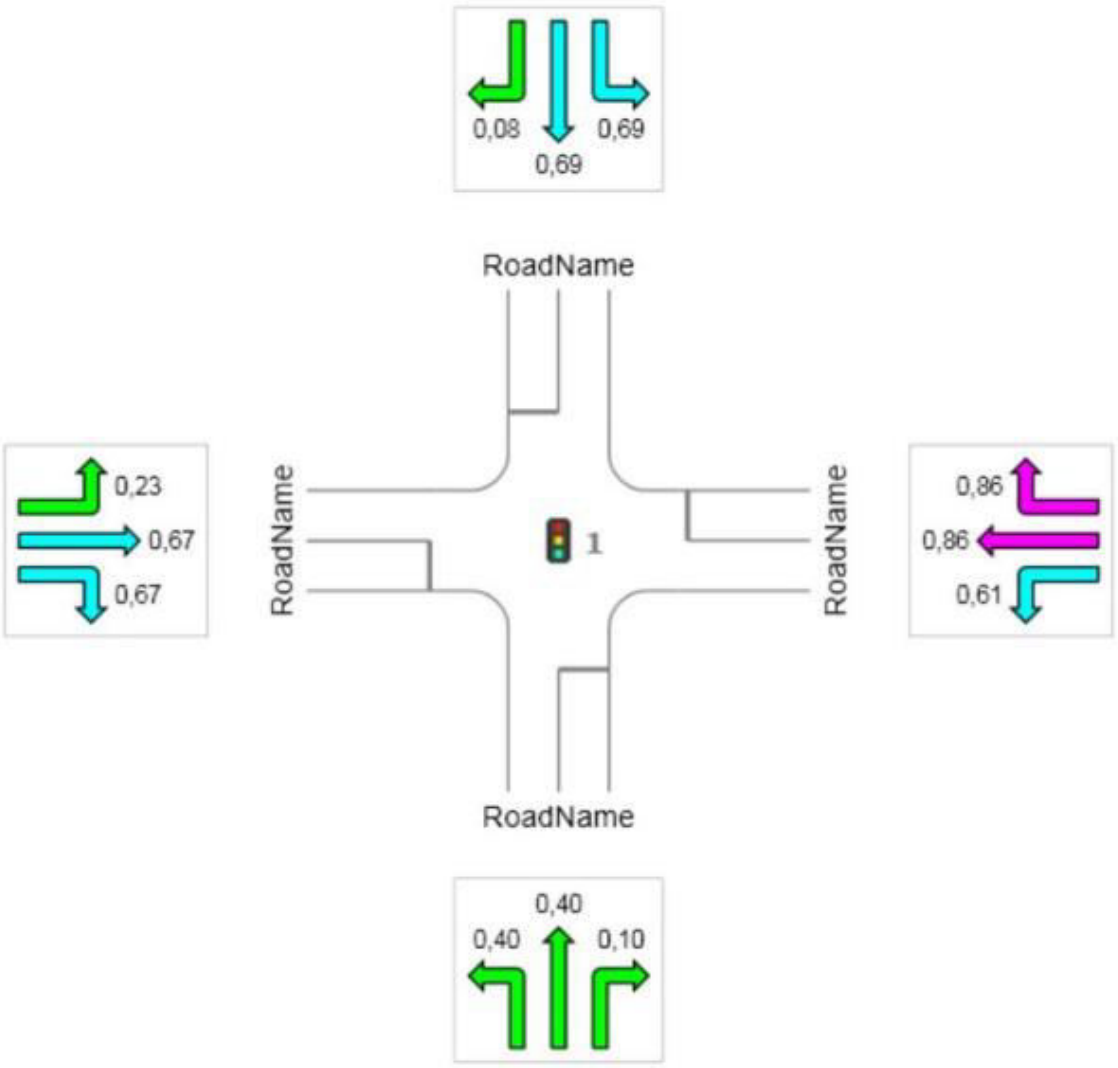
Slika 31. Prikaz stupnja zasićenja na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje

Slika 31 prikazuje stupanj zasićenja prometnih tokova na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje. Prometni tokovi po privozima su manje zasićeni nego u prethodnom slučaju. Najzasićeniji su privozi u Zatonskoj ulici i Ulici Ante Poljička. Najzasićeniji prometni tok u Zatonskoj ulici je prometni tok koji ide u lijevo u smjeru Vodica i iznosi 0,76. U Ulici Ante Poljička najzasićeniji je prometi tok koji ide ravno i iznosi 0,40, dok je prometni

tok skretanja u lijevo zasićen oko 0,39. Velike razlike u zasićenju na državnoj cesti D8 i sporednim privozima ukazuju na mogućnost nastanka manjih repova čekanja.

All Movement Classes

	South	East	North	West	Intersection
	0,40	0,86	0,69	0,67	0,86



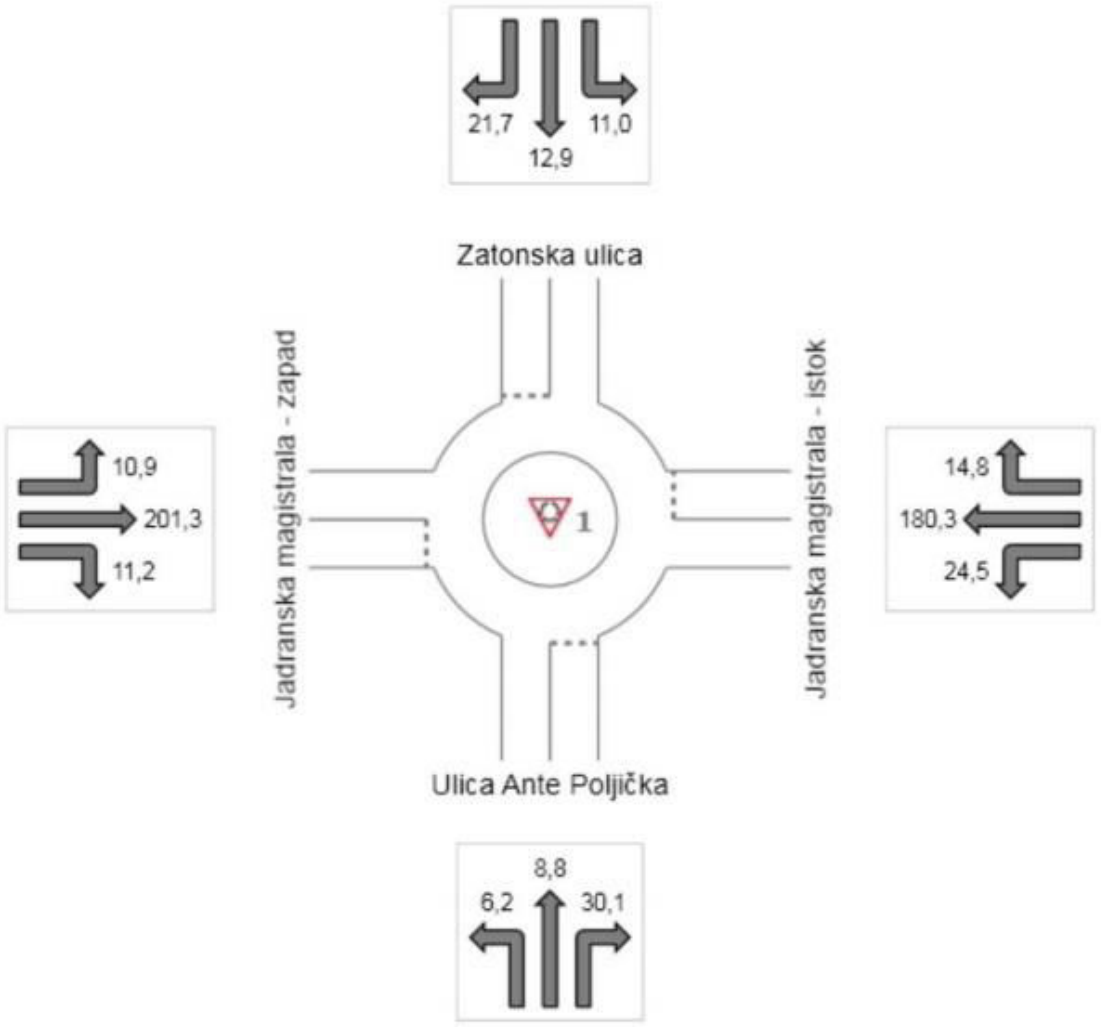
Slika 32. Prikaz stupnja zasićenja na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima

Na slici 32 prikazani su stupnjevi zasićenja na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima. Zasićenost privoza je dosta veće u odnosnu na raskrižje s trakama za ubrzanje i usporenje i raskrižje s kružnim tokom prometa. Najzasićeniji privoz je na državnoj cesti D8 iz smjera Šibenika te iznosi 0,86 za skretanje u lijevo i ravno. Lijeva skretanja privoza sporednih ulica su isto dosta opterećena te iznose u Zatonskoj ulici 0,69 i Ulici Ante Poljička 0,40. Zasićenost raskrižja iznosi 0,86.

6.3. Utjecaj na okolinu i okoliš

Raskrižja se trebaju tako koncipirati da budu što manje štetna za prostor i okoliš, što se često sukobljava s cijenom izvedbe, odnosno ekonomičnošću rješenja [19].

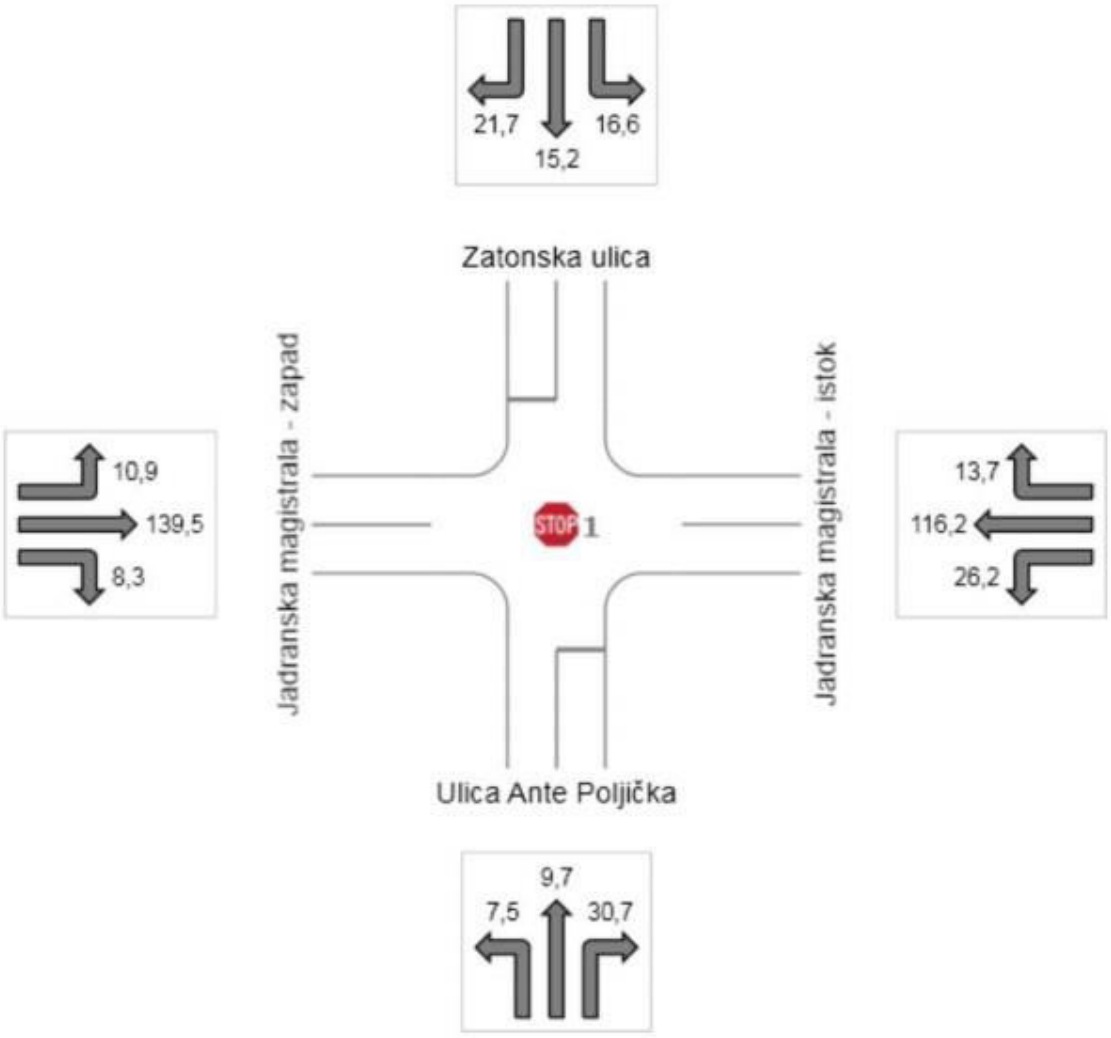
	South	East	North	West	Intersection
	45,1	219,6	45,6	223,4	533,6



Slika 33. Prikaz emisije CO_2 na raskrižju s kružnim tokom prometa

Slika 33 prikazuje emisiju CO_2 na raskrižju s kružnim tokom prometa. Najveća emisija se javlja na najopterećenijim prometnim tokovima. Iznosi 201,3 kg/h u smjeru Zadar – Vodice na državnoj cesti D8, a obrnuto 180,3 kg/h. Najmanju emisiju CO_2 imaju vozila na prometnim tokovima koji idu u lijevo, a razlog je i najmanja količina takvih vozila. Ukupna emisija CO_2 u području raskrižja iznosi 533,6 kg/h.

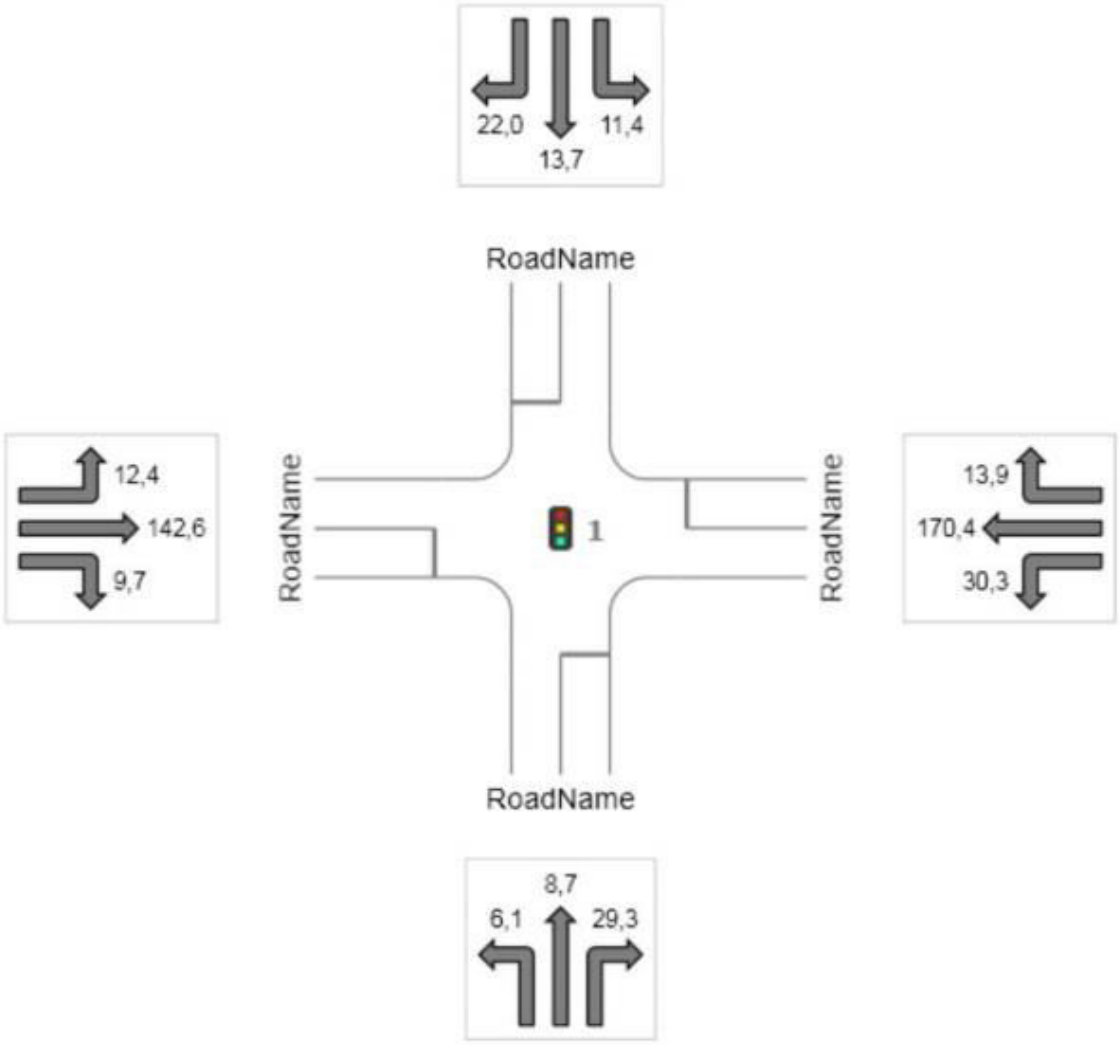
	South	East	North	West	Intersection
	47,9	156,1	53,5	158,7	416,1



Slika 34. Prikaz emisije CO_2 na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje

Slika 34 prikazuje emisiju CO_2 na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje. Najveća emisija se javlja na najopterećenijim prometnim tokovima. Iznosi 139,5 kg/h u smjeru Zadar – Vodice na državnoj cesti D8, a obrnuto 116,2 kg/h. Najmanju emisiju CO_2 imaju vozila na prometnim tokovima koji idu u lijevo, a razlog je i najmanja količina takvih vozila. Ukupna emisija CO_2 u području raskrižja iznosi 416,1 kg/h.

	South	East	North	West	Intersection
	44,1	214,6	47,1	164,7	470,5



Slika 35. Prikaz emisije CO_2 na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima

Slika 35 prikazuje emisiju CO_2 na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje. Najveća emisija se javlja na najopterećenijim prometnim tokovima. Iznosi 142,6 kg/h u smjeru Zadar – Vodice na državnoj cesti D8, a obrnuto 170,4 kg/h. Najmanju emisiju CO_2 imaju vozila na prometnim tokovima koji idu u lijevo, a razlog je i najmanja količina takvih vozila. Ukupna emisija CO_2 u području raskrižja iznosi 470,5 kg/h.

Najveću emisiju CO_2 ima raskrižje s kružnim tokom prometa, a najmanje raskrižje s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje. Razlog je što raskrižje s kružnim tokom prometa ima veću zasićenost i sporiji protok prometa nego raskrižje s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje.

6.4. Utjecaj kriterija ekonomičnost rješenja

Troškovi rekonstrukcije raskrižja, odnosno implementacije novog modela odvijanja prometnih tokova su fiksni troškovi. Najveći trošak svih raskrižja predstavljaju radovi u usjeku i zasjeku ukoliko postoje, te otkup zemljišta. Kroz ovo poglavlje dat će se gruba procjena koja je izvedba raskrižja najskuplja, a koja najjeftinija.



Slika 36. Prikaz zemljišta na kojima se planira izrada predloženih modela optimizacije odvijanja prometnih tokova

Prijedlog modela optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa zahtjeva zauzimanje određenog zemljišta. Uvidom u Geoportal Državne geodetske uprave vidljive su čestice, kao što je prikazano na slici 36, u koje ulaze radovi na izmjeni postojećeg raskrižja. To su čestice:

- 7230/3 (postojeće rješenje),
- 7178/3 (postojeće rješenje)
- 7181/1 (postojeće rješenje),
- 7181/3 (postojeće rješenje),
- 6621,
- 6616/3,
- 6616/14,
- 6616/15,
- 2775/1,

- 2774,
- 2778/2,
- 2775/2,
- 2778/1.

Model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje zauzima manje dodatnih površina nego prethodno raskrižje. Čestice koje zauzima predloženi model jesu:

- 7230/3 (postojeće rješenje),
- 7178/1(postojeće rješenje),
- 7181/3(postojeće rješenje),
- 7178/3 (postojeće rješenje),
- 2775/1,
- 2775/2,
- 2774,
- 2778/2,
- 6616/15,
- 6616/14,
- 6616/3.

Dok, posljednji model optimizacije odvijanja prometnih tokova, s raskrižjem upravljenim prometnim svjetlima uključuje najmanje zahvate. Odnosno samo postavljanje semaforskih uređaja, te ne zahtijeva nikakve dodatne čestice osim postojećih. A to su 7230/3, 7178/1, 7181/3, 7178/3.

Procjena troškova izgradnje je da raskrižje s kružnim tokom prometa ima najveće troškove građevinskih radova, ali i najviše neposrednih benefita gledajući sigurnost i protok. Raskrižje s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje je najjeftinije i zahtjeva najmanje građevinskih radova, ali ostavlja konfliktne točke koje nose iznimno velik rizik nastanka prometne nesreće te izvedba ovog raskrižja ne bi predstavljala velika poboljšanja u prometno-tehnološkom smislu. Semaforizirano raskrižje zahtjeva samo montažu semafora, ali oni traže i održavanje. Problemi semaforiziranog raskrižja također postoje u smislu prometno-tehnoloških karakteristika jer se javlja prometni tok približan nestabilnom na važnim lijevim skretanjima, a to bi moglo uzrokovati i repove čekanja koji ako postanu preveliki utječu na promet i u ostalim prometnim trakama, ali i smanjenje sigurnosti, odnosno veću mogućnost nastanka prometnih nesreća. Slijedom navedenog iz svih poglavlja verifikacije modela prvi model, odnosno model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa je najpovoljniji.

7. ZAKLJUČAK

Raskrižje Zatonske ulice – državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička nalazi se na zapadnom ulazu u grad Vodice. Navedeno raskrižje predstavlja čvor u prometnoj mreži grada koja je važna za normalno funkcioniranje prometa kako u sezoni tako i van sezone. Dobro razvijen prometni sustav je preduvjet za gospodarski razvoj svakog grada. Kako su na predmetnom raskrižju uočeni prometi problemi, kroz diplomski rad su napravljene analize postojećeg stanja, prognoza prometa, te je predložen model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju.

Predložena su tri modela optimizacije odvijanja prometnih tokova, a to su model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa, model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje, te model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem upravljanim prometnim svjetlima.

Od navedenih modela, kao najpovoljniji je odabran model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa. Primjenom navedenog modela ostvaruju se najvažniji benefiti, a to su veća sigurnost i veća protočnost prometa. Razina sigurnosti se podiže smirivanjem prometa, a protok prema analizi u programskom alatu Sidra intersection daje zadovoljavajuće razine prometnih usluga. Razine prometnih usluga su daleko od razina koje odlikuju nestabilan prometni tok, te se s obzirom na prognozu prometa može očekivati nesmetano funkcioniranje prometa u cijelom gradu, kako u turističkoj sezoni, tako i izvan sezone.

Dosadašnji problemi lijevih skretanja preko velikog broja prometnih tokova su na ovaj način uklonjeni, te je osim navedene optimizacije prometnih tokova podignuta i razina sigurnosti. Problem preglednosti na sjevernom privozu raskrižja, ovim rješenjem, više ne postoji. Smanjene su brzine u raskrižju, smanjena je ukupna emisija CO_2, te je omogućeno normalno kretanje pješacima postavljanjem pješačkih prijelaza. Kako u gradu ne postoji mreža biciklističkih staza, niti plan implementacije biciklističkih staza u ovom diplomskom radu nije u zoni raskrižja prikazano postavljanje biciklističke staze. Početak rada biciklističkih staza od ovog raskrižja prema ostalim dijelovima grada značio bi stihijsku, a ne plansku gradnju što nije dobro.

Predloženi model optimizacije odvijanja prometnih tokova raskrižjem s kružnim tokom prometa udovoljava svim zahtjevima u pogledu oblikovnosti i uporabe raskrižja koji se ispituju mjerilima sigurnosti prometa, kvalitete i odvijanja prometa, utjecaja na okolinu i okoliš i ekonomičnost rješenja. Uslijed takvih zadovoljavanja kriterija ocjena je da je predloženi model povoljniji od ostalih predloženih modela.

LITERATURA

1. Strategija razvoja grada Vodica do 2020., Grad Vodice
2. Prostorni plan uređenja grada Vodica, listopad 2006. god., str 5.
3. Zovak, G.; Šarić, Ž.: Nastavni materijali iz kolegija Prometno-tehničke ekspertize i sigurnost, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2016/2017., str 3
4. Hozjan, D.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice 2, Osiguranje preglednosti raskrižja u razini, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2016/2017.
5. URL: http://www.jutarnji.hr/vijesti/crna-kronika/foto-stravicna-nesreca-u-vodicama-majka-se-opel-corsom-zabila-u-kameni-zid-i-metalni-zid-ozlijedeno-i-dvoje-djece/5559967/, (10.05.2017)
6. Hozjan, D.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice 2, Promet u raskrižju, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2016/2017.
7. URL: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html, (12.05.2017)
8. Babić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2016/2017.
9. URL: http://www.035portal.hr/vijest/gospodarstvo/grad-s-mup-om-krece-u-postavljanje-semafora-s-mjeracima-brzine-7102, (12.05.2017)
10. URL: http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2002_07_87_1455.html, (15.05.2017)
11. Luburić, G.: Nastavni materijali iz kolegija Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1, Fakultet prometnih znanosti, 2010.
12. Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti,Zagreb, 2006., str. 18
13. Dadić, I.; Šoštarić.; M. Brlek.; P.: Prometno tehnološko projektiranje, Fakultet prometnih znanosti, Zavod za prometno planiranje, Zagreb, 2012.
14. Brojanje prometa na cestama Republike Hrvatske (za vremensko razdoblje od 2009 do 2015), Hrvatske ceste d.o.o. Zagreb
15. Dadić, I. i surad.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.
16. Pilko, H.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice 2, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2016/2017.

17. Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, akademska godina 2016/2017.
18. Lanović, Z.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovna telematika, Semaforizirano raskrižje, akademska godina 2016/2017.
19. URL: http://www.prometna-zona.com/signalizacija/, (17.05.2017)
20. Hozjan, D.: Nastavni materijali iz kolegija Cestovne prometnice 2, Osnove za koncipiranje raskrižja, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2016/2017.
21. URL: https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama, (19.05.2017)
22. Šimunović, Lj.: Nastavni materijali iz kolegija Osnove prometnog inženjerstva, Prometni tok, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2012/2013.
23. Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti,Zagreb, 2006., str. 24

POPIS SLIKA

Slika 1. Položaj Šibensko-kninske županije ... 3
Slika 2. Položaj grada Vodica u Šibensko-kninskoj županiji ... 4
Slika 3. Položaj predmetnog raskrižja u Vodicama ... 5
Slika 4. Južni privoz predmetnog raskrižja ... 6
Slika 5. Istočni privoz predmetnog raskrižja ... 6
Slika 6. Sjeverni privoz predmetnog raskrižja ... 7
Slika 7. Zapadni privoz predmetnog raskrižja ... 7
Slika 8. Sigurnosni lanac u prometu ... 8
Slika 9. Prepotstavke za prostornu preglednost ... 9
Slika 10. Opasne pješačke radnje uočene tijekom brojanja prometa ... 10
Slika 11. Prikaz prometne nesreće s udarom u zid na postojećem raskrižju ... 11
Slika 12. Primjeri prometnih radnji ... 12
Slika 13. Primjeri konfliktnih točaka/situacija u raskrižjima ... 13
Slika 14. Semafor s mjeračem brzine ... 15
Slika 15. Grafički prikaz prometnih tokova kroz raskrižje Zatonske Ulice – državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička ... 26
Slika 16. Grafički prikaz prometnih tokova kroz raskrižje Zatonske Ulice – državne ceste D8 – Ulice Ante Poljička ... 26
Slika 17. Prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa ... 32
Slika 18. Prikaz raskrižja s kružnim tokom prometa u programskom alatu Sidra intersection 34
Slika 19. Prikaz rekonstruiranog raskrižja s trakovima za ubrzanje i usporenje prometa ... 35
Slika 20. Prikaz rekonstruiranog raskrižja s trakovima za ubrzanje i usporenje prometa u programskom alatu Sidra interection ... 36
Slika 21. Prikaz raskrižja upravljanog semaforima ... 38
Slika 22. Prikaz raskrižja upravljanog semaforima ... 39
Slika 23. Prikaz raskrižja upravljanog semaforima ... 40
Slika 24. Prikaz brzina u raskrižju s kružnim tokom prometa ... 42
Slika 25. Prikaz brzina u raskrižju s dodatnim trakovima za ubrzanje i usporenje ... 43
Slika 26. Prikaz brzina u raskrižju upravljanom prometnim svjetlima ... 44
Slika 27. Prikaz razine usluge u raskrižju s kružnim tokom prometa ... 46
Slika 28. Prikaz razine usluge u raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje ... 47
Slika 29. Prikaz razine usluge u raskrižju upravljanom prometnim svjetlima ... 48
Slika 30. Prikaz stupnja zasićenja na raskrižju s kružnim tokom prometa ... 49
Slika 31. Prikaz stupnja zasićenja na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje ... 50
Slika 32. Prikaz stupnja zasićenja na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima ... 51
Slika 33. Prikaz emisije CO_2 na raskrižju s kružnim tokom prometa ... 52
Slika 34. Prikaz emisije CO_2 na raskrižju s trakovima za ubrzanje i usporenje ... 53
Slika 35. Prikaz emisije CO_2 na raskrižju upravljanom prometnim svjetlima ... 54
Slika 36. Prikaz zemljišta na kojima se planira izrada predloženih modela optimizacije odvijanja prometnih tokova ... 55

POPIS TABLICA

Tablica 1. Potrebne duljine za dostatnu preglednost 9
Tablica 2. Tablica brojačkog listića 17
Tablica 3. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – D8 zapad 18
Tablica 4. Popodnevno opterećenje za tok Zatonska ulica – D8 zapad 18
Tablica 5. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – Ulica Ante Poljička 18
Tablica 6. Popodnevno opterećenje za tok Zatonska ulica – Ulica Ante Poljička 19
Tablica 7. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – D8 istok 19
Tablica 8. Jutarnje opterećenje za tok Zatonska ulica – Ulica Ante Poljička 19
Tablica 9. Jutarnje opterećenje za tok D8 zapad – Zatonska ulica 20
Tablica 10. Popodnevno opterećenje za tok D8 zapad – Zatonska ulica 20
Tablica 11. Jutarnje opterećenje za tok D8 zapad – Ulica Ante Poljička 20
Tablica 12. Popodnevno opterećenje za tok D8 zapad – Ulica Ante Poljička 21
Tablica 13. Jutarnje opterećenje za tok D8 zapad – D8 istok 21
Tablica 14. Popodnevno opterećenje za tok D8 zapad – D8 istok 21
Tablica 15. Jutarnje opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – Zatonska ulica 22
Tablica 16. Popodnevno opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – Zatonska ulica 22
Tablica 17. Jutarnje opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – D8 zapad 22
Tablica 18. Popodnevno opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – Zatonska ulica 23
Tablica 19. Jutarnje opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – D8 istok 23
Tablica 20. Popodnevno opterećenje za tok Ulica Ante Poljička – D8 istok 23
Tablica 21. Jutarnje opterećenje za tok D8 istok – Zatonska ulica 24
Tablica 22. Popodnevno opterećenje za tok D8 istok – Zatonska ulica 24
Tablica 23. Jutarnje opterećenje za tok D8 istok – D8 zapad 24
Tablica 24. Popodnevno opterećenje za tok D8 istok – D8 zapad 25
Tablica 25. Jutarnje opterećenje za tok D8 istok – Ulica Ante Poljička 25
Tablica 26. Popodnevno opterećenje za tok D8 istok – Ulica Ante Poljička 25
Tablica 27: Brojanje prometa na D8 (Pirovac) [14] 27
Tablica 28. SWOT matrica – raskrižje s kružnim tokom prometa 33
Tablica 29. SWOT matrica – četverokrako raskrižje s trakama za ubrzanje i usporenje 37
Tablica 30. SWOT matrica – raskrižje upravljano semaforima 38

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Godišnji rast prometa (na skali 1000 – 11000 vozila) 28
Grafikon 2: Godišnji rast prometa (na skali 9600 – 10600 vozila) 28

PRILOZI

Prilog 1

Prilog 2

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 **Model optimizacije odvijanja prometnih tokova na raskrižju Ulica Ante Poljička-Državna cesta D8-Zatonska ulica u gradu Vodicama** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 7.6.2017

Student/ica:

(potpis)