

Prijedlog regulacije prometa na dionici Langov trg - Ribnjak - Medveščak u gradu Zagrebu

Ćosić, Mladenka

Master's thesis / Diplomski rad

2015

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:119:992727>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-20**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mladenka Ćosić

PRIJEDLOG REGULACIJE PROMETA NA DIONICI
LANGOV TRG – RIBNJAK – MEDVEŠČAK U GRADU
ZAGREBU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PRIJEDLOG REGULACIJE PROMETA NA DIONICI
LANGOV TRG – RIBNJAK – MEDVEŠČAK U GRADU
ZAGREBU**

**PRELIMINARY SOLUTION FOR TRAFFIC REGULATION
ON LANG SQUARE – RIBNJAK STREET – MEDVEŠČAK
STREET CORRIDOR IN THE CITY OF ZAGREB**

Mentor: dr. sc. Marko Šoštarić

Student: Mladenka Čosić 0135216415

Zagreb, rujan, 2015.

SAŽETAK

Mladenka Čosić

PRIJEDLOG REGULACIJE PROMETA NA DIONICI LANGOV TRG – RIBNJAK – MEDVEŠČAK U GRADU ZAGREBU

U ovom diplomskom radu provedeno je istraživanje i predloženo idejno prometno tehnološko rješenje u području regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u gradu Zagrebu korištenjem sustava promjenjive prometne signalizacije, s ciljem povećanja propusne moći ovisno o prometnim zahtjevima. U radu je napravljena analiza postojećeg stanja temeljem rezultata analize prometnih tokova te analiza postojećeg stanja prometne infrastrukture. Također je provedena analiza tehnoloških mogućnosti te su istraženi svjetski primjeri primjene dinamične izmjene usmjerenja prometnih traka. Za učinkovito upravljanje prometnim tokovima istražene su vrste tehnologija i karakteristike promjenjivih prometnih znakova koji mogu mijenjati sadržaj, radi preusmjeravanja prometnih tokova. Promjenjivi prometni znakovi koriste se za regulaciju prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka. U nastavku je predložena koncepcija idejnog prometnog rješenja. Provedena je evaluacija rezultata prije i poslije idejnog prometnog rješenja uz primjenu simulacijskog programa „VISSIM“. Na kraju rada prikazana je analiza troškova i koristi te metodologija izrade iste temeljem čega je ocijenjena rentabilnost implementacije predloženog rješenja regulacije prometa na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u gradu Zagrebu.

Ključne riječi: regulacija prometa, dinamička izmjena usmjerenja prometnih traka, prometni tokovi i infrastruktura, promjenjivi prometni znakovi, idejno prometno tehnološko rješenje, simulacija, društveni troškovi i koristi

SUMMARY

Mladenka Ćosić

PRELIMINARY SOLUTION FOR TRAFFIC REGULATION ON LANG SQUARE – RIBNJAK STREET – MEDVEŠČAK STREET CORRIDOR IN THE CITY OF ZAGREB

This thesis research carried out and submitted a preliminary solution in the field of traffic regulation with dynamic switching lanes directions on a Lang Square – Ribnjak street – Medveščak street corridor in the City of Zagreb using a system of variable traffic signs, in order to increase throughput, depending on traffic requirements. Current situation of traffic flows and traffic infrastructure had been analyzed and explained. An analysis of the technological possibilities had been carried out, and world examples of dynamic direction lanes switching had been analyzed. Technology types for effective management of traffic flows and characteristics of variable message signs that can modify the flow direction had also been analyzed. Variable message signs are used for traffic regulation with dynamic switching lanes direction. Furthermore, a preliminary traffic solution is proposed. The results were evaluated before and after the application of preliminary traffic solution by applying simulation program "VISSIM". At the end, the cost-benefit analysis and its methodology had been brought, that represents the base for rentability evaluation of the proposed traffic regulation solution of the Lang Square – Ribnjak street – Medveščak street corridor in the City of Zagreb

Key words: traffic regulation, dynamic traffic lanes direction switching, traffic flow and infrastructure, variable message signs, preliminary traffic solution, simulation, social cost and benefits

Sadržaj rada

SAŽETAK

SUMMARY

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Analiza postojećeg stanja..... | 3 |
| 2.1. Analiza prometne infrastrukture | 3 |
| 2.2. Analiza prometnih tokova | 7 |
| 3. Analiza tehnoloških mogućnosti..... | 16 |
| 3.1. Promjenjivi prometni znakovi | 16 |
| 3.2. LED (Light Emitting Diodes) tehnologija u sustavu prometne signalizacije..... | 17 |
| 3.3. Promjenjivi prometni znakovi u LED (Light Emitting Diodes) tehnologiji | 18 |
| 3.4. Primjeri svjetske prakse primjene promjenjivih prometnih znakova u funkciji dinamičnosti prometnih traka | 20 |
| 4. Prijedlog rješenja | 28 |
| 4.1. Konceptijski | 28 |
| 4.2. Idejno prometno tehnološko rješenje..... | 36 |
| 4.2.1. Prijedlog rješenja raskrižja Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice | 38 |
| 4.2.2. Prijedlog rješenja raskrižja Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice 40 | |
| 4.2.3. Prijedlog rješenja raskrižja Medveščak (sjever – jug) – Belostenčeve ulice – Medveščak ulice (jug - sjever) | 41 |
| 4.2.4. Prijedlog rješenja ulice Nove Ves | 43 |
| 5.1. Usporedba rezultata simulacije u jutarnjem periodu | 45 |
| 5.2. Usporedba rezultata simulacije u poslijepodnevnom periodu | 49 |
| 5.3. Emisije ispušnih plinova i potrošnje goriva prije i poslije rješenja..... | 54 |
| 6. Analiza troškova i koristi | 60 |
| 7. Zaključak..... | 64 |
| Literatura | 66 |

| | |
|--|----|
| POPIS SLIKA | 68 |
| POPIS GRAFIKONA | 71 |
| POPIS PRILOGA..... | 72 |
| METAPODACI | |
| IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI | |

1. Uvod

Uspješnost razvoja većeg gradskog područja predstavlja razvijena prometna i komunalna infrastruktura. Razvoj prometne infrastrukture predstavlja županijski i gradski interes, a samim time utječe na urbani, gospodarski i demografski razvoj grada [1].

Zbog prometnih zagušenja u gradovima korisnici odabiru dulja putovanja s ciljem izbjegavanja prometnih zagašenja.

U gradskim područjima odabir optimalne rute putovanja moguće je postići izmjenom regulacije prometa.

Sustav promjenjive prometne signalizacije omogućuje dinamičku izmjenu usmjerenja prometnih traka ovisno o uvjetima prometnog toka.

Širi cilj ovog diplomskog rada je provesti istraživanje u području regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka u gradovima korištenjem sustava promjenjive prometne signalizacije, a u smislu harmonizacije prometnog toka.

Specifični cilj rada je uspostava kvalitetnijeg odnosa između prometne potražnje¹ [2] i prometne ponude² [3] na racionalan način prilikom čega se prvenstveno misli na odnos ponuđenih kapaciteta prometne infrastrukture prema broju individualnih motornih vozila.

Rad se sastoji od sedam poglavlja te grafičkih priloga. U drugom poglavlju dat je pregled analize postojećeg stanja dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak. U analizi postojećeg stanja prikazana je analiza prometne infrastrukture te analiza prometnih tokova.

U trećem poglavlju dat je prikaz tehnoloških mogućnosti promjenjive prometne signalizacije. Suvremeni upravljački sustavi, čiji su sastavni dijelovi i promjenjivi prometni znakovi, omogućuju da se provedu prometne strategije koje trenutačno najbolje djeluju na

¹ Prometna potražnja je ukupnost zahtjeva za uslugama prijevoza ili prijenosa različitih entiteta (ljudi, roba, pošiljaka, informacija) koje korisnici usluga žele i mogu ostvariti različitim modovima uz definiranu cijenu i kvalitetu u određenom vremenskom razdoblju.

² Prometnu ponudu predstavljaju elementi prometnog sustava, a pod elemente ubraja se prometna infrastruktura, prijevozna sredstva i organizacija prijevoza te upravljanje prometnim procesom (zakoni, propisi, regulacija i kontrola prometa).

prometni tok. U predmetnom poglavlju također su opisani svjetski primjeri primjene promjenjivih prometnih znakova u funkciji dinamičnosti prometnih traka.

U četvrtom poglavlju konceptijski se opisuje prijedlog regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak primjenom promjenjive prometne signalizacije te se predlaže idejno prometno tehnološko rješenje regulacije prometa.

Petim poglavljem prikazuje se usporedba značajki postojećeg i predloženog rješenja regulacije prometa koje su testirane u simulacijskom alatu, s ciljem ukazivanja na nedostatke postojećeg stanja dionice.

U šestom poglavlju opisuje se analiza troškova i koristi te se procijenjuju i izračunavaju sve društvene koristi i troškovi predloženog rješenja. Kao zaključak analize troškova i koristi prikazani su rezultati iste temeljem čega su doneseni zaključci o rentabilnosti predloženog rješenja regulacije prometa na dionici Langov trg – Ribnjak - Medveščak.

Težište diplomskog rada je na analizi postojećeg stanja infrastrukture i organizacije prometnih tokova te prijedlogu nove regulacije prometa temeljene na dinamičkoj promjeni usmjerenja prometnih traka.

2. Analiza postojećeg stanja

Osnovna svrha izrade analize postojećeg stanja je dati odgovor na pitanje hoće li i u kolikoj mjeri pojedini planirani zahvat u prostoru utjecati na kvalitetu toka prometa u neposrednom okruženju.

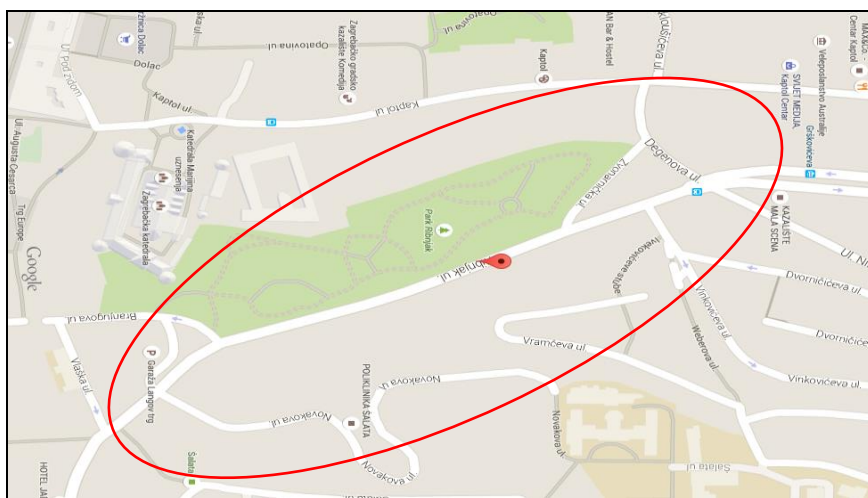
Analiza postojećeg stanja dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak u gradu Zagrebu provedena je kroz analizu prometne infrastrukture te analizu prometnih tokova na prometnoj mreži prostora obuhvata.

Analiza postojećeg stanja prometne infrastrukture provedena je neposredno analizom na terenu. Analiza prometnih tokova provedena je ručnim brojanjem na karakterističnim lokacijama dionice.

2.1. Analiza prometne infrastrukture

Dionica Langov trg – Ribnjak – Medveščak jedna je od najopterećenijih prometnica u prometnoj mreži grada Zagreba.

Dionica se pruža u smjeru jug – sjever, od klasičnog trokrakog raskrižja Šoštarićeve, Branjugove i Ribnjak ulice (Langov trg) do četverokrakog semaforiziranog raskrižja Degenove, Grškovićeve, Ribnjak i Medveščakove ulice (slika 1).



Slika 1. Prostorni obuhvat dionice Langov trg - Ribnjak – Medveščak

Izvor: Google maps (15.05.2015.)

Ukupna duljina dionice iznosi oko 515 m. Dionica ima dva prometna traka iz smjera centra (jug-sjever), a jedan prometni trak u smjeru centra grada (sjever-jug). Širina jednog prometnog traka iznosi 3,00 metra. Analizirana dionica na svom potezu ima jedno ulijevanje u smjeru prema centru grada iz Zvonaričke ulice, a iz smjera centra grada izlijevanje u Vinkovićeve ulicu i ulijevanje na dionicu iz Vinkovićeve ulice.

Dionica je regulirana horizontalnom i vertikalnom signalizacijom te uređajima svjetlosne signalizacije (semaforima) na mjestima prekidanja prometnog toka, gdje postoji veći intenzitet pješackog prometa.

Raskrižje Šoštarićeve, Branjugove i Ribnjak ulice (Langov trg) nalazi se na južnom dijelu dionice (slika 2). Raskrižje na južnom privozu (Šoštarićeva ulica) ima tri prometna traka, od kojih je jedan trak za vozila koja se kreću ravno prema sjevernom privozu u Ribnjak ulicu, drugi trak za ravno i lijeve skretače, dok je treći trak za vozila koja dolaze iz suprotnog smjera. Sjeverni privoz (Ribnjak ulica) čini jedan prometni trak namijenjen za kretanje vozila ravno u Šoštarićeve i desne skretače u Branjugovu ulicu te dva traka koja su za suprotni smjer. Iz jugozapadnog privoza (Branjugova ulica) prema sjevernom ili južnom privozu nije dozvoljeno kretanje vozila. Raskrižje je regulirano horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.

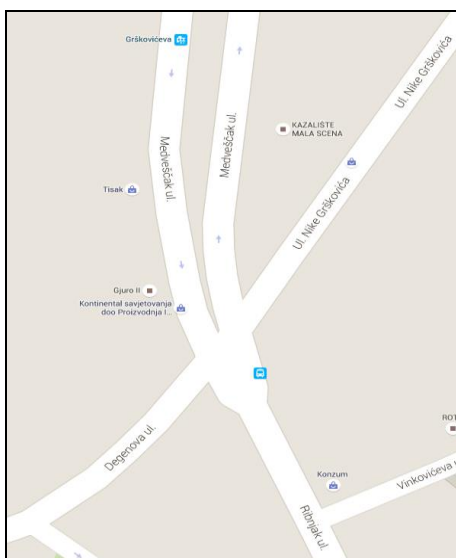


Slika 2. Mikrolokacija raskrižja Šoštarićeve - Branjugove - Ribnjak ulice

Izvor: Google maps (15.05.2015.)

Četverokrako semaforizirano raskrižje nalazi se na sjeveru analizirane dionice. To je raskrižje Degenove, Grškovićeve, Ribnjak i Medveščak ulice (slika 3). Zapadni privoz (Degenova ulica) je sporedni te ima dva prometna traka, gdje je jedan trak namijenjen za kretanje vozila ravno u Grškovićeve ulicu i desno skretanje u Ribnjak ulicu, zabranjeno je lijevo skretanje u Medveščak ulicu, a drugi prometni trak je suprotni za vozila koja dolaze iz Grškovićeve, Ribnjak i Medveščak ulice. Istočni privoz (Grškovićeve ulica) također je sporedni te ima dva prometna traka gdje je dozvoljen smjer za ravno u Degenovu i desne skretače u Medveščak ulicu. Bitno je naglasiti da je skretanje u desno fizički odvojeno prometnim otokom. S ovog privoza zabranjeno je skretanje u lijevo u glavnu ulicu Ribnjak. Drugi trak je suprotnog smjera za vozila koja dolaze iz Degenove i Ribnjak ulice. Južni privoz raskrižja (Ribnjak ulica) čine tri prometna traka, jedan prometni trak za lijeve skretače, drugi za vozila koja se kreću ravno u Medveščak ulicu i desne skretače u Grškovićeve. Treći prometni trak namijenjen je za vozila koja dolaze iz suprotnog smjera koja idu u smjeru centra grada iz Medveščak i Degenove ulice. Sjeverni privoz ovog raskrižja je početak ulice Medveščak gdje je jedan prometni trak za ravno u ulicu Ribnjak i desno skretanje u Degenovu ulicu, a dva prometna traka su suprotna za vozila koja dolaze iz Ribnjak i Grškovićeve ulice.

Raskrižje je izvedeno u jednoj razini i regulirano uređajima za svjetlosnu signalizaciju (semaforima), na svakom privozu postoje pješački prijelazi. Veliki utjecaj na propusnu moć ovog raskrižja ima i javni gradski prijevoz - tramvaji.

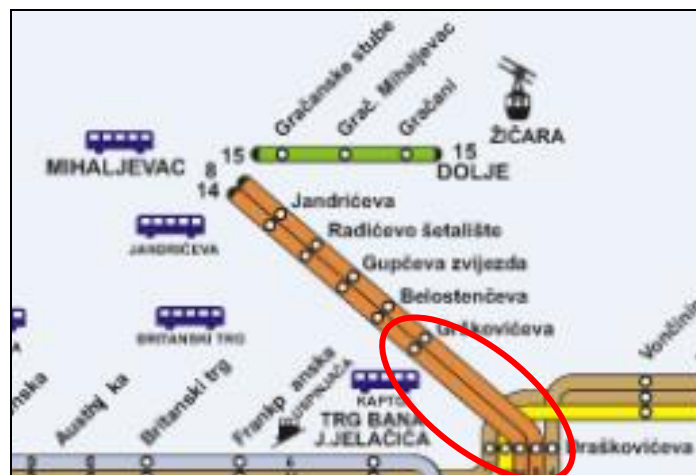


Slika 3. Mikrolokacija raskrižja Degenove - Grškovićeve - Ribnjak - Medveščak ulice

Izvor: Google maps (15.05.2015.)

Analizom prethodno navedenih raskrižja zaključuje se da je potrebna njihova rekonstrukcija zbog dionice Langov trg – Ribnjak - Medveščak na kojoj će se primijeniti nova regulacija prometa sa svrhom povećanja propusne moći dionice. Raskrižje Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice zahtijeva jednostavne građevinske radove uz provedbu promjene vertikalne i horizontalne signalizacije, dok raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice zahtijeva provedbu zabrane skretanja u Degenovu iz Ribnjak ulice, promjenu horizontalne signalizacije i promjenu na sustavu prometnih svjetala (semaforima).

Javni gradski promet također je značajan na analiziranoj dionici budući da postoje dvije linije javnog gradskog prijevoza tramvaja koje se nalaze na rubnim prometnim trakovima. Jedna linija javnog gradskog prijevoza usmjerena prema centru (sjever - jug), a druga iz centra grada (jug - sjever). Dionicom Langov trg – Ribnjak – Medveščak prometuje tramvajska linija 14 (Mihaljevac - Zapruđe) i 8 (Mihaljevac - Zapruđe). Vremenska razlika između polazaka analiziranih linija je od sedam do osam minuta. Od tramvajske stanice Grškovićeve do Draškovićeve potrebno je oko četiri minute kretanja dionicom.



Slika 4. Prikaz tramvajske linije 14 i 8 koja prometuje dionicom Langov trg - Ribnjak – Medveščak

Izvor: <http://www.zet.hr> (15.05.2015.)

2.2. Analiza prometnih tokova

Osnovna analiza postojećeg stanja prometnih tokova³ provodi se brojanjem prometa. Brojanje prometa provodi se automatskim brojilima prometa koji su neprekidno postavljeni na određenim karakterističnim presjecima prometnica. Takva brojila u pravilu se postavljaju na karakterističnim presjecima glavnih državnih prometnica. Drugi način brojanja prometa je postavljanje mobilnih automatskih brojila koja se postavljaju privremeno na određenim lokacijama u svrhu izrade pojedinih prometnih studija i projekata. Treći način je ručno brojanje prometa, odnosno brojanje prometa neposrednim zapažanjem brojitelja (osobe koja broji promet) i bilježenjem na brojački listić [4]. Osnovna analiza intenziteta prometnih tokova provedena je analizom podataka ručnim brojanjem prometa i bilježenjem na brojački listić.

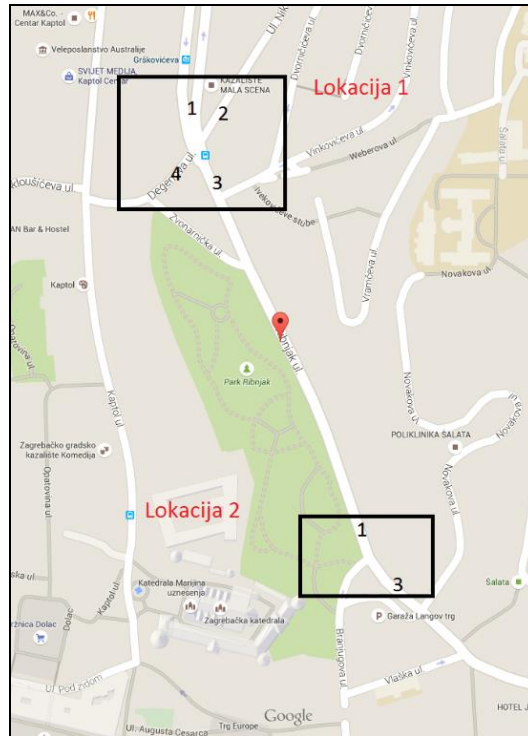
Metodom sondiranja utvrđene su lokacije i položaj brojačkih mjesta na karakterističnim raskrižjima (slika 5) na kojima je provedeno brojanje te na temelju toga analizirani prometni tokovi na dionici. Karakteristične lokacije koje su odabrane za brojanje su:

- Lokacija 1: Raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice;
- Lokacija 2: Raskrižje Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice.

Vozila su brojana u četiri karakteristična sata, po 15 minuta u svakom satu, tokom dva odabrana dana. Reprezentativni dan za brojanje prometa odabran je četvrtak. Kao karakteristični sati uzeti su: 7:00 – 8:00, 8:00 – 9:00, 15:00 – 16:00, 16:00 – 17:00. Brojana vozila svrstavana su u šest kategorija:

- osobna vozila,
- lako teretno vozilo,
- teško teretno vozilo,
- autobusi,
- motocikli,
- tramvaji.

³ Prometni tok je istovremeno kretanje više vozila na putu u određenom poretku.



Slika 5. Prikaz lokacija brojača prometa i položaj brojačkih mjesta na raskrižjima

Izvor: Google maps (15.05.2015.)

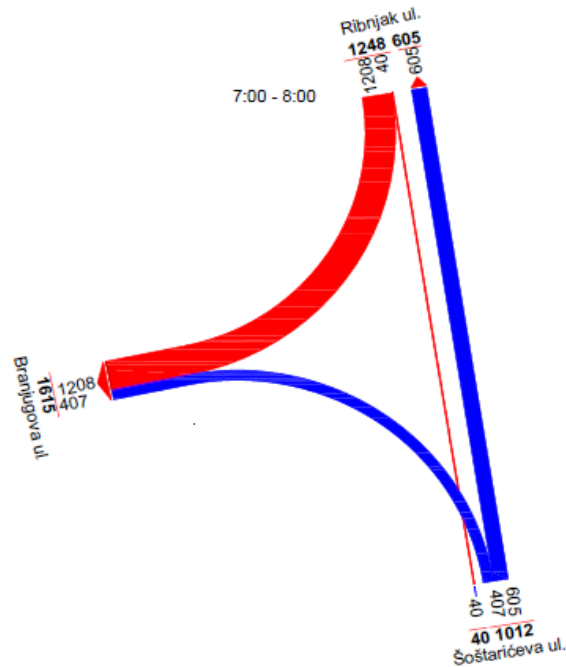
Svaka kategorija vozila i pješaci množeni su određenim koeficijentom (tablica 1) s ciljem svodenja na ekvivalentnu jedinicu osobnog automobila (EJA) [5].

Tablica 1. Koeficijenti određenih kategorija za preračun vozila u ekvivalentne jedinice putničkih automobila

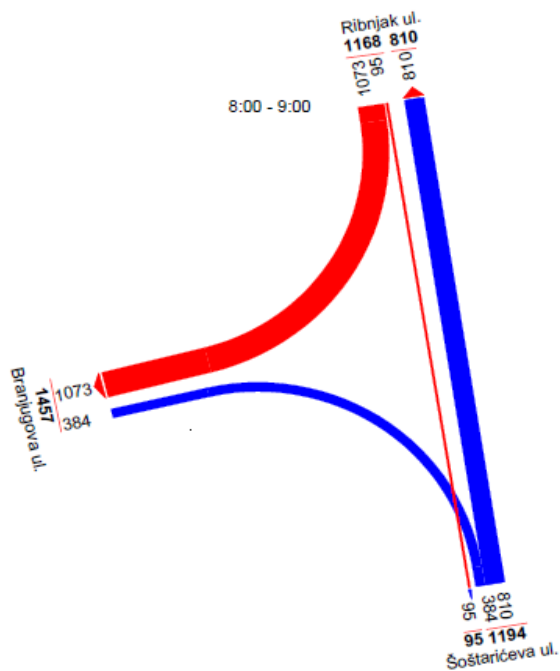
| Koeficijenti određenih kategorija | |
|--|-----|
| osobni automobil | 1 |
| teretno vozilo, m < 5t | 1,5 |
| teretno vozilo, m > 5t | 2,5 |
| autobus | 2 |
| tramvaj | 2,5 |
| motocikl | 0,7 |
| pješak | 0,3 |

Izvor: [5]

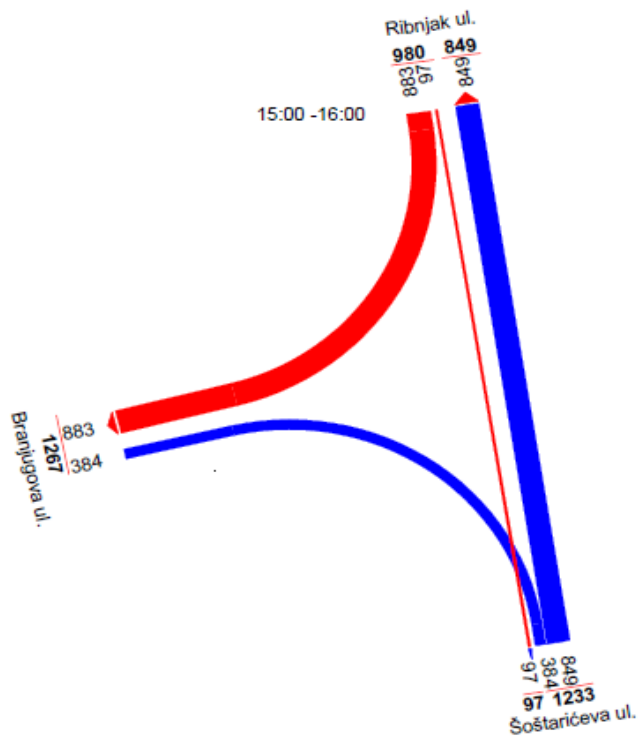
Podaci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu sliku dinamike prometnih tokova. Grafički prikazi intenziteta prometnih tokova u skladu sa satnim intervalima prikazani su na slikama 6 – 13.



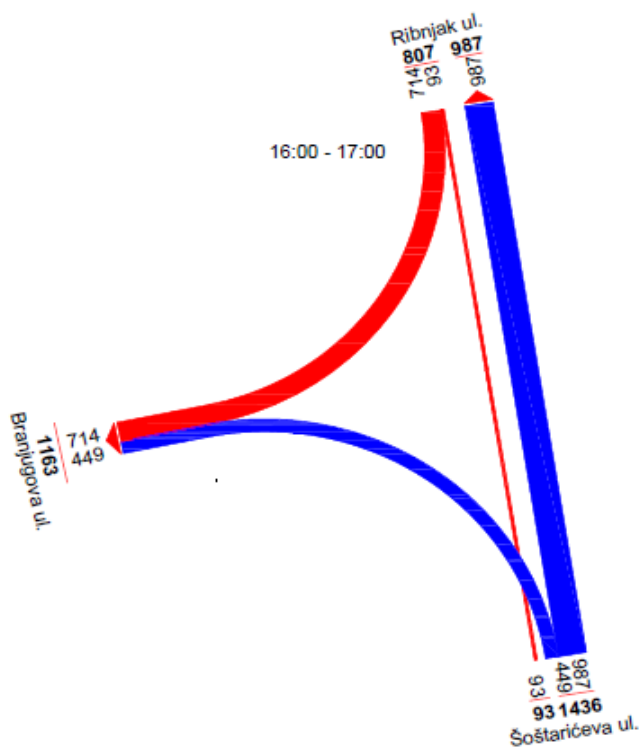
Slika 6. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šošarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 7:00 do 8:00h



Slika 7. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šošarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 8:00 do 9:00h



Slika 8. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šoštaričeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 15:00 do 16:00h

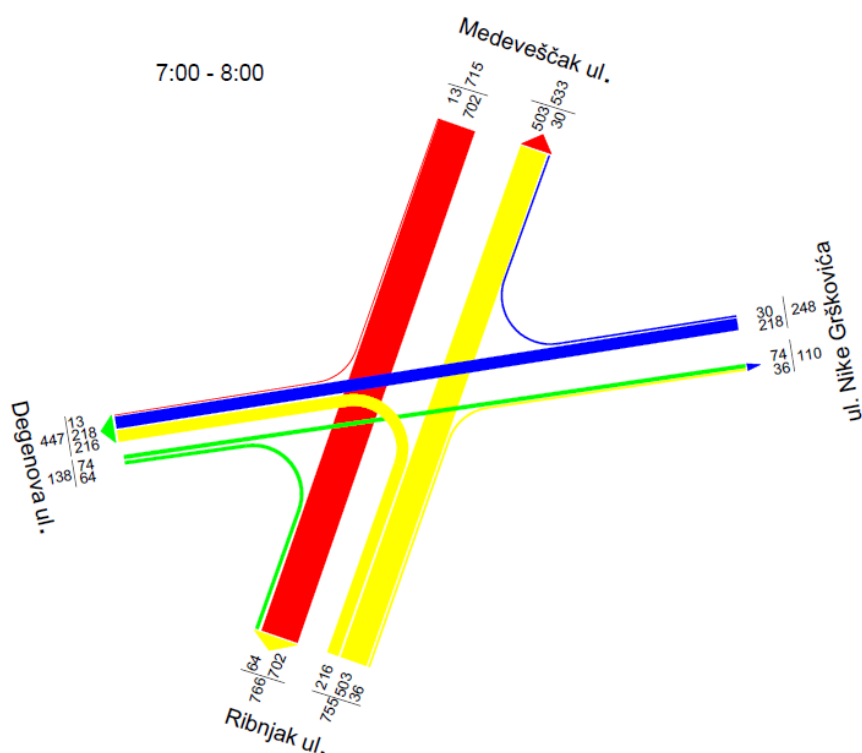


Slika 9. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šoštaričeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 16:00 do 17:00h

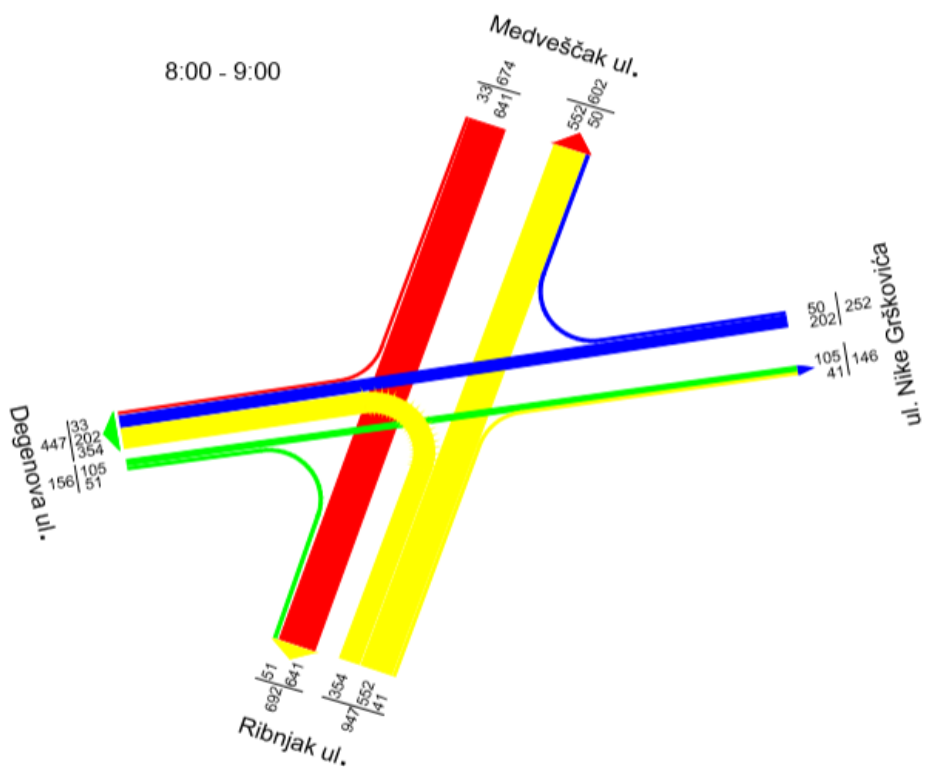
Brojanjem prometa na trokrakom raskrižju Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice u jutarnjem periodu utvrđeno je da iz Ribnjak ulice dolazi velika količina vozila koja se kreće prema centru grada i ulazi u Branjugovu ulicu, a vrlo mali broj vozila se kreće u Šoštarićevu ulicu.

U poslijepodnevnom periodu u vremenu od 15:00 do 16:00h podjednak je broj vozila koja se kreću iz Šoštarićeve u Ribnjak ulicu, a u vremenu od 16:00 do 17:00h veći je broj vozila koji se kreću iz Šoštarićeve u Ribnjak ulicu, nego iz Ribnjak ulice prema Branjugovoj.

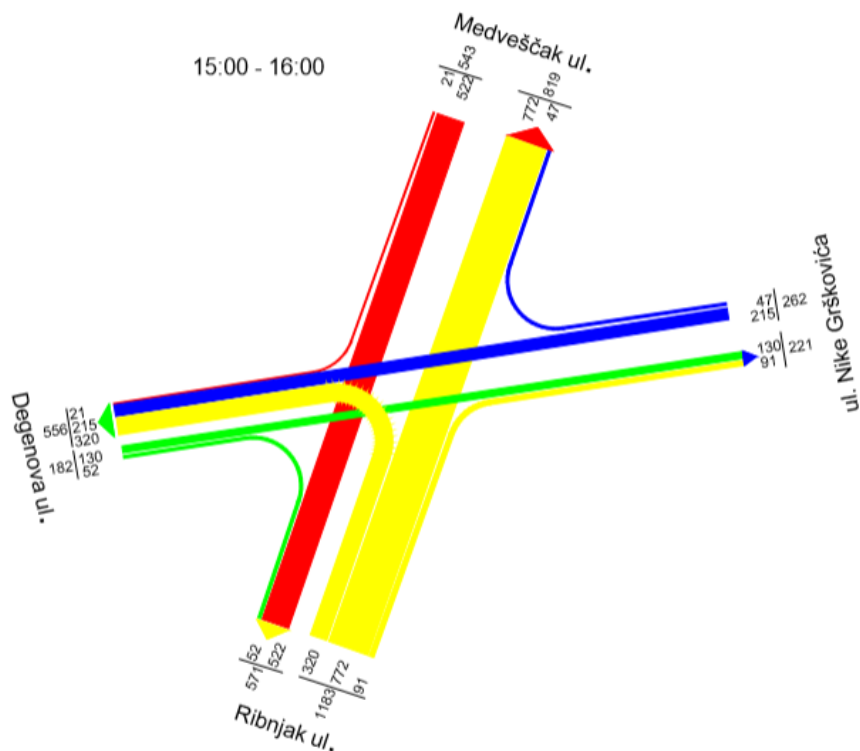
Broj lijevih skretača tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda iz Šoštarićeve ulice u Branjugovu ulicu je približan.



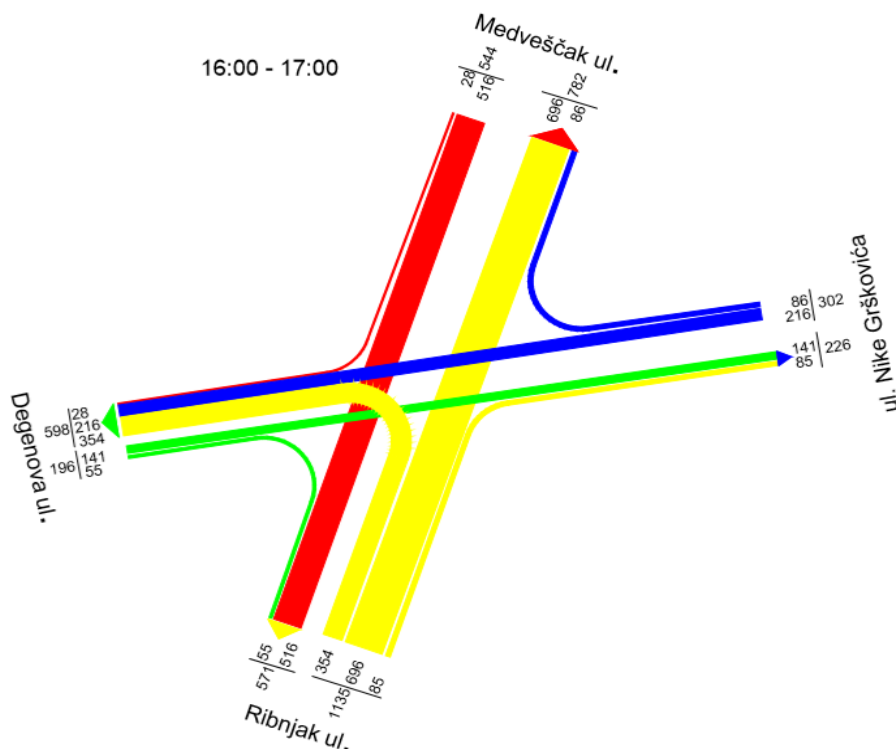
Slika 10. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 7:00 do 8:00h



Slika 11. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 8:00 do 9:00h



Slika 12. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 15:00 do 16:00h



Slika 13. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 16:00 do 17:00h

Brojanjem prometa na četverokrakom semaforiziranom raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice utvrđeno je intenzivnije prometno opterećenje na glavnim ulicama (Ribnjak i Medveščak ulice) tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda, također je uočen veći broj lijevih skretanja iz Ribnjak u Degenovu ulicu, što prekida prometni tok iz Medveščak ulice prema centru grada.

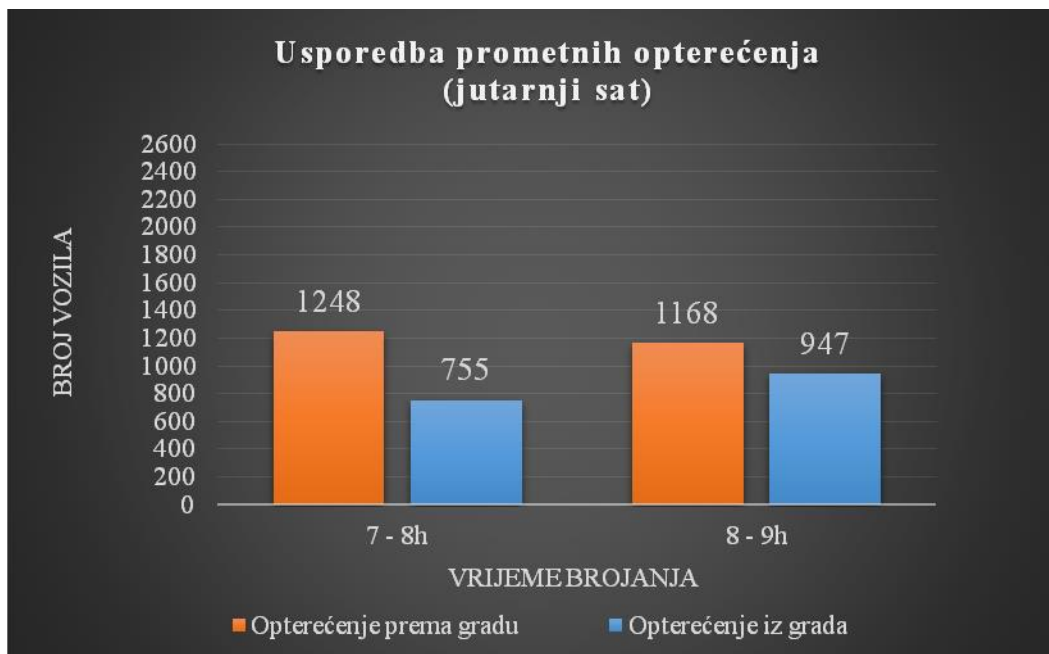
Promet ugrožavaju i vozači iz Grškovićeve ulice koji imaju obavezni smjer kretanja ravno u Degenovu i desno u Medveščak ulicu, krše prometne propise i skreću lijevo u Ribnjak ulicu te bitno ugrožavaju sigurnost odvijanja prometa na raskrižju.

Temeljem analize brojanja na obje lokacije utvrđena je značajna razlika u prometnom opterećenju tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda na dionici Langov trg - Ribnjak - Medveščak.

U jutarnjem periodu (7:00 – 9:00h) intenzivnije je opterećenje prometnog traka u smjeru centra grada (sjever - jug), a tijekom poslijepodnevnog perioda (15:00 – 17:00h) iz smjera centra grada (jug - sjever).

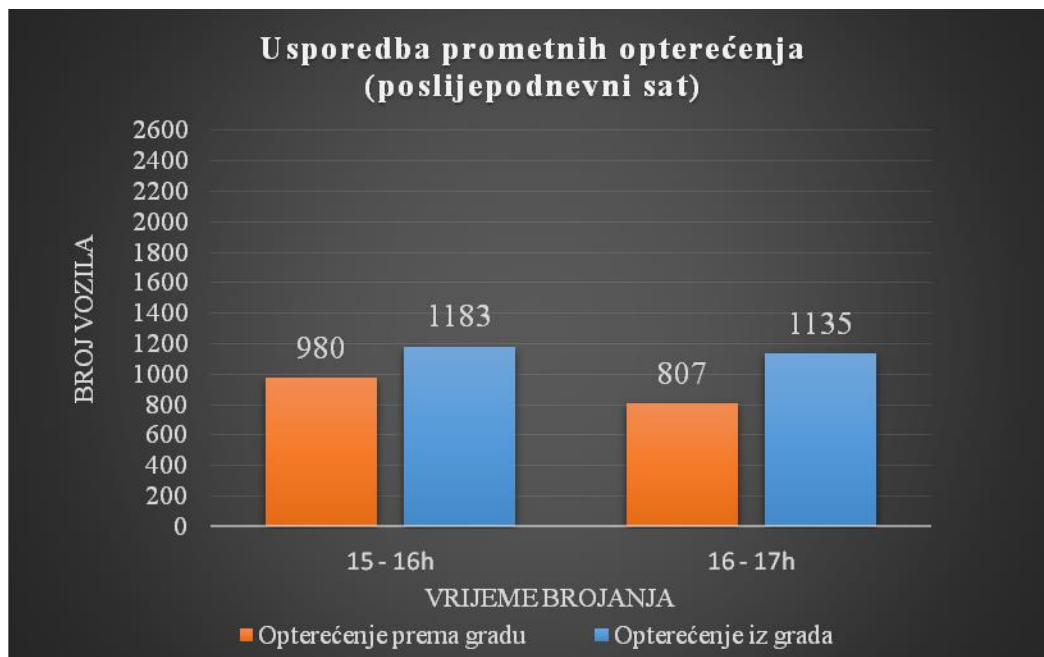
Zbog razlike u prometnom opterećenju kod analize postojećeg stanja posebno su istražene karakteristike prometnih tokova i utvrđeni odnosi između tih vrijednosti u svakom od prethodno navedenih perioda što je vidljivo na grafikonu 1 u jutarnjem i na grafikonu 2 u poslijepodnevnom periodu.

Tijekom brojanja također su zabilježeni zastoji u jutarnjem periodu na dionici u smjeru centra grada, s obzirom da je samo jedan prometni trak za kretanje vozila s fiksnom tramvajskom linijom.



Grafikon 1. Usporedba prometnih opterećenja (jutarnji sat)

Analizom podataka prikazanih grafikonom 1 može se zapaziti da je prometno opterećenje prema gradu u vremenu od 7:00 do 8:00h veće za 40% (493 vozila) u odnosu na prometno opterećenje iz centra grada, a u vremenu od 8:00 – 9:00h za 20% (221 vozilo) veća razlika.



Grafikon 2. Usporedba prometnih opterećenja (poslijepodnevni sat)

Analizom podataka prikazanih grafikonom 2 može se zapaziti da je prometno opterećenje prema centru grada u vremenu od 15:00 do 16:00h manje za 20% (203 vozila), a u vremenu od 16:00 – 17:00h za 30% (328 vozila) u odnosu na vozila koja se kreću iz centra grada.

3. Analiza tehnoloških mogućnosti

Prometna signalizacija jedna je od ključnih odrednica sigurnosti u prometu kojom se obavještavaju, upozoravaju i vode sudionici u prometu [6].

Radi upravljanja prometnim tokovima potrebno je posjedovati opremljenu infrastrukturu znakovima koji mogu mijenjati sadržaj radi preusmjeravanja prometnih tokova.

Uporabom odgovarajućih promjenjivih prometnih znakova, za pojedinu prometnu odnosno vremensku situaciju, primjerenih upozorenja, naredbi i zabrana te obavijesti preusmjeravanja prometa treba se poboljšati odvijanje prometa [7].

Suvremeni upravljački sustavi, čiji su sastavni dijelovi i promjenjivi prometni znakovi, omogućuju da se provedu prometne strategije koje trenutno najbolje djeluju na prometni tok. Njihov utjecaj može se podijeliti na sustave promjenjivih prometnih znakova koji djeluju na mrežu, interregionalni čvor, dionicu ili mjesto.

3.1. Promjenjivi prometni znakovi

Promjenjivi prometni znakovi (PPZ) su znakovi kojima se sadržaj prema potrebama prometnoga toka može mijenjati ili isključiti.

Prometni znakovi (signalizacija) koji se prikazuju kao promjenjiva prometna signalizacija ne smiju se bitno razlikovati od standardnih prometnih znakova (signalizacije), prema odredbama Pravilnika⁴, ni po sadržaju ni po dimenzijama.

Promjenjivi prometni znakovi moraju biti jednostavni, jasni, čitljivi i vidljivi kako bi se postiglo sigurno i nesmetano odvijanje prometa [8].

Promjenjivi prometni znakovi uporabom elektromehaničkih tehnologija mogu prikazivati različite poruke. Mogu biti:

- Kontinuirani - izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima,

⁴ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama

- Nekontinuirani - moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne znakove.

Nekontinuirani znakovi mogu se izvesti u tehnologiji:

- okretnih lamela;
- okretnih prizmi;
- pomičnih traka;
- optičkih vlakana,
- svjetlosnih polja, dodanih na obične znakove,
- svjetlećih dioda (LED),
- tekućih kristala (LCD) [8].

3.2. LED (Light Emitting Diodes) tehnologija u sustavu prometne signalizacije

Početni razvoj komercijalno dostupne prometne signalizacije zasnovan je na LED tehnologiji (eng. Light Emitting Diodes - LEDs). Svjetleće diode imaju funkciju emitiranja svjetlosti kao posljedicu protjecanja struje. Prve svjetleće diode emitirale su isključivo crvenu svjetlost. Daljnji razvoj tehnologije svjetlećih dioda rezultira trima bojama koje se koriste u prometnoj signalizaciji – crvena, žuta i zelena [9].

Jedna od glavnih prednosti prometne signalizacije zasnovane na tehnologiji svjetlećih dioda je povećana vidljivost. Tradicionalne žarulje najčešće su prekrivane filtrima u boji ili reflektirajućim i staklenim lećama što utječe na količinu svjetlosti koja u konačnici dolazi do oka vozača. LED prometna signalizacija koristi spektar bistrih svjetlećih dioda koje ne zahtijevaju dodatne filtre ili pojačanja. Kvar pojedinačne tradicionalne žarulje dovodi do poremećaja čitavoga svjetlosnog signalizacijskog slijeda.

U LED tehnologiji kvar nekoliko svjetlećih dioda neće uzrokovati značajan poremećaj. Kvar koji uključuje ispadanje iz rada čitavog LED sustava je vrlo rijedak.

Druga prednost LED prometne signalizacije je njihova niska cijena održavanja. Gotovo se cjelokupan trošak LED prometne signalizacije nalazi u njihovom inicijalnom dobavljanju – LED tehnologija je skuplja, a tehnologija zahtijeva više rada pri izradi.

Visoki početni troškovi obično se kompenziraju niskim troškovima održavanja. Kvar tradicionalne žarulje, koji se u prosjeku događa tri puta godišnje, uključuje postupak zamjene i zamjensku regulaciju prometa za vrijeme popravka. S druge strane, LED prometna signalizacija zahtijeva samo godišnje čišćenje zaštitne leće.

Pojedini svjetlosni sustav u prosjeku ima vijek trajanja od deset ili više godina, ovisno o uvjetima [10].

3.3. Promjenjivi prometni znakovi u LED (Light Emitting Diodes) tehnologiji

LED promjenjivi prometni znakovi mogu putem svojih displeja davati različite upozoravajuće informacije i utjecati na režim odvijanja prometa u opasnim mjestima, dionicama prometnica.

Zahvaljujući visoko svjetlosnim LED elementima, promjenjivi prometni znakovi su aktivni znakovi koji svjetlećim diodama raspoređenim na prednjici stvaraju simbol prometnoga znaka [10].

Promjenjivi su znakovi korišteni na mjestima frekventnog prometa gdje postoji potreba za fleksibilnim odgovorom na promjenjive prometne situacije.

Promjenjivi prometni znakovi u Republici Hrvatskoj najčešće se postavljaju na autocestama s ciljem postizanja harmonizacije prometnog toka. Na naplatnim postajama autocesta koriste se u svrhu izbjegavanja prometnih gužvi te pred parkirališnim garažama u svrhu informiranja vozača o broju slobodnih mjesta, etažama garaža radi izbjegavanja prometnih gužvi.

Promjenjivi prometni znakovi koriste se za regulaciju prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka.

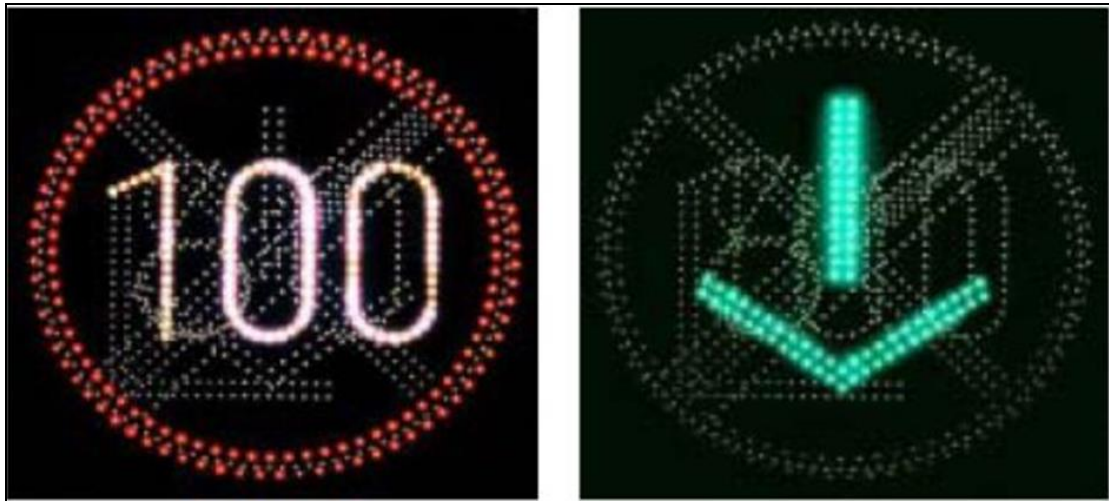
U Republici Hrvatskoj nema primijenjenoga tipa regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka u gradskim područjima. Pregledom dostupnih prometnih studija i projekata za gradove utvrđenoj je da takva rješenja za gradove još nisu predlagana.

Jedini primjer primjene dinamičke izmjene usmjerenja prometnih traka u Republici Hrvatskoj je na naplatnim postajama autocesta, no to su znatno jednostavnija rješenja od rješenja koja se primjenjuju na gradskim prometnicama.

Prednosti ovakve vrste prometnih znakova su njihova mogućnost trenutne promjene simbola na prometnom znaku (slika 15) i dobra vidljivost.

Kontrola i odabir sadržaja prometnog znaka moguća je na više načina:

- putem žica (wire),
- bežično (wireless),
- GSM tehnologije,
- optički.



Slika 14. Primjer promjenjivih prometnih znakova u LED tehnologiji

Izvor: http://www.fpz.unizg.hr/elektrotehnika/download/primjer_seminar.pdf (22.05.2015.)

Kombinacija simbola prometnoga znaka definira se na osnovu zahtjeva pojedine lokacije. Najčešće su kombinacije simbola upozorenja i zabrana te svjetlosni signali, koristi se od dva do šest simbola po uređaju. Veličina simbola ovisi o zahtjevima lokacije. [11]

3.4. Primjeri svjetske prakse primjene promjenjivih prometnih znakova u funkciji dinamičnosti prometnih traka

Uz kratku podjelu navedene su lokacije po pojedinim državama na kojima se primjenjuje regulacija prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka.

Upravljanje dinamičkim trakovima može biti:

- trakovi s minimalnim mjerama upravljanja,
- upravljanje trakovima s minimalnim zahvatima fizičkog odvajanja,
- upravljanje trakovima s fizičkim odvajanjem,
- upravljanje trakovima s fizičkim odvajanjem uz pomoć pokretnih (pomičnih) barijera.

a) Trakovi s minimalnim mjerama upravljanja

Avenija Connecticut NW, Washington D.C. jedna je od glavnih prigradskih avenija (slika 15). Sastoji se od šest prometnih traka, od kojih su dva središnja traka promjenjiva, po jedan u svakom smjeru. Izmjena se vrši u jutarnjim (7:00 – 9:30) te poslijepodnevnim satima (16:00 – 18:30).



Slika 15. Connecticut Avenue NW

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

b) Upravljanje trakovima s minimalnim zahvatima fizičkog odvajanja

Most mira (Peace bridge) između SAD-a i Kanade ukupno ima tri trake koje su označene kao promjenjive i koje se mijenjaju ovisno o vršnom opterećenju (s mogućnosti prometnog toka kroz sve tri trake u istom smjeru) (slika 16).



Slika 16. Peace bridge most

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

Lewinston - Queenston most (slika 17) povezuje gradove Niagara on the Lake i Ontario s ukupno pet prometnih traka označenih kao promjenjive. Osim uobičajene signalizacije, postoji i dodatna signalizacija koja određuje tip vozila koja mogu koristiti određene trakove. Brzina kretanja vozila ograničena je na 24 km/h. U većini slučajeva mostovi se sastoje od tri trake od kojih je najmanje jedan promjenjiv.



Slika 17. Lewinston-Queenston most

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

George Massey tunel sastoji se od jedne cijevi koja je betonskim zidom podijeljena na dva dijela i po dvije prometne trake u svakom dijelu. Dakle, od ukupno četiri prometna traka dva su promjenjiva na način da se u istočnom dijelu tunelske cijevi nalaze dva prometna traka u smjeru sjevera, dok se u zapadnom djelu nalaze dva prometna traka u smjeru juga. 1989. godine uvodi se sustav dinamičke izmjene usmjerenja prometnih traka koje su, između ostalog, regulirane u ulaznim rampama kao odgovor na sve veću prometnu potražnju u tunelu. U jutarnjim satima tri trake su u smjeru sjevera, dok su u poslijepodnevnim satima tri trake u smjeru juga.

Park Avenue sastoji se od ukupno pet trakova (slika 18), od kojih je srednji promjenjiv, a bočni su u vrijeme vršnog opterećenja rezervirani za vozila javnog gradskog prijevoza. U jutarnjim satima dvije trake vode u grad, dok jedna vodi izvan grada (ne uključuje trake za autobuse). U poslijepodnevnim satima regulacija prometa je suprotna.



Slika 18. Ulica Park avenue

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

Autocesta General Holmes u Australiji (slika 19) sastoji se od četiri trake u smjeru sjevera i četiri trake u smjeru juga, no tijekom jutarnjeg vršnog sata jedan je trak u smjeru juga odvojen plastičnim otocima koji se postavljaju pomoću specijaliziranog vozila.



Slika 19. General Holmes

Izvor: <https://www.youtube.com/watch?v=GhXVMiHimHg> (22.5.2015.)

Ulica Johnston , Melbourne, Victoria, u Australiji (slika 20) se sastoji od ukupno pet prometnih trakova, od kojih je srednja promjenjiva. Može biti otvorena u oba smjera pri čemu služi kao trak za lijeve skretače ili isključivo za promet u opterećenom smjeru.



Slika 20. Ulica Johnston , Melbourne, Victoria, Australija

Izvor: *Traffic Engineering Manual Volume 1: Chapter 14, Edition 5, August 2014* (22.5.2015.)

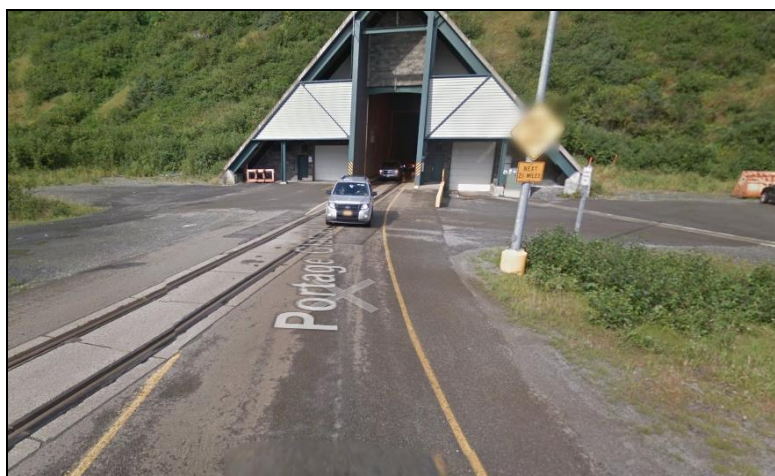
Ulica Queen's Road, Melbourne, Victoria (slika 21) također se sastoji od pet trakova od kojih su obično dva traka u smjeru juga, a tri u smjeru sjevera. U jutarnjim vršnim satima središnji trak se mijenja ovisno o smjeru opterećenja.



Slika 21. Ulica Queen's, Melbourne, Victoria

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

Tunel Anton Anderson u državi Aljaska (slika 22), kroz koji se pruža jedan trak, dugačak je 4050 metara. Naime, trak je promjenjiv, a zajednički je osobnim vozilima i vlakovima. Period izmjene vrši se svakih 15 minuta, a cijena u jednom smjeru iznosi 12\$.



Slika 22. Tunel Anton Anderson, Aljaska

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

U SAD-u U.S. Highway 27 u gradu Lexington (slika 23) sastoji se od sedam promjenjivih prometnih traka (upravljanje pomoću promjenjivih prometnih znakova bez fizičkih razdvajanja). Specifično obilježje ove prometnice je u tome što se u blizini nalazi sveučilišni kampus te sportsko-rekreativni centar, koji u jutarnjim i poslijepodnevним vršnim satima generiraju ponudu, odnosno generatori su prometa te se prema tome i prilagođava regulacija. Jednak broj trakova dodijeljen je vozilima u oba smjera izvan vršnog opterećenja.



Slika 23. U.S. Highway 27, Lexington

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

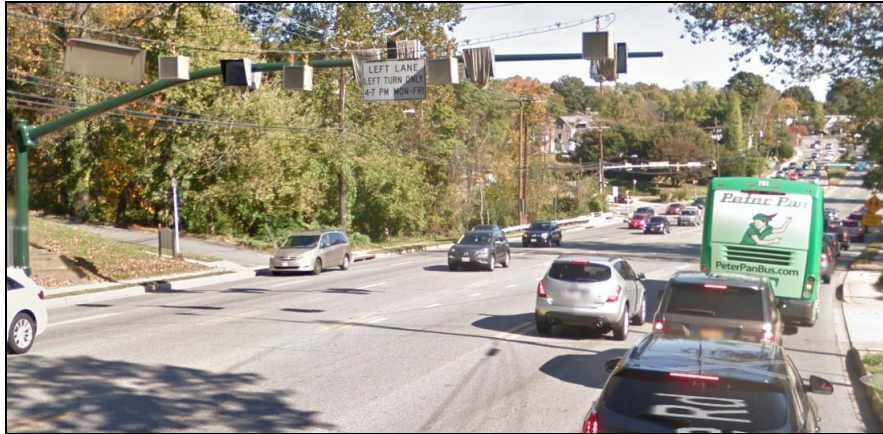
Ulica Bardstown u Gradu Louisville (slika 14) ima četiri prometne trake, od kojih ulično parkiranje zauzima po jednu sa obje strane kolnika. U vršnom periodu, parkiranje se ukida te se preko promjenjivih prometnih znakova obavještava vozače o prenamjeni traka u prometne.



Slika 24. Ulica Bardstown, Louisville

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

Ulica Colesville u mjestu Silver Spring (slika 25) ima šest prometnih traka. Izvan opterećenja po tri trake dodjeljuju se svakom pravcu kretanja, dok se pri vršnim satima četiri trake dodjeljuju opterećenijem pravcu.



Slika 25. Ulica Colesville, Silver Spring

Izvor: <https://www.google.hr/maps/preview> (22.5.2015.)

c) Upravljanje trakovima sa fizičkim odvajanjem

Autocesta A 38 (poznata pod nazivom Aston Expressway) u gradu Birminghamu (slika 26) u Engleskoj ima sedam prometnih traka sa ograničenjem brzine na 80 km/h. U jutarnjim satima četiri trake služe za ulaz u grad, a dvije za izlaz iz grada. U poslijepodnevnom satima regulacija je obrnuta, a tokom dana ukupan promet raspoređen je na tri trake u jednom i tri u drugom pravcu. Središnji trak je zatvoren za prometovanje vozila, a posebice za motocikle (što je regulirano prometnim znakom) zbog svoje upotrebe kao trake za odvod.

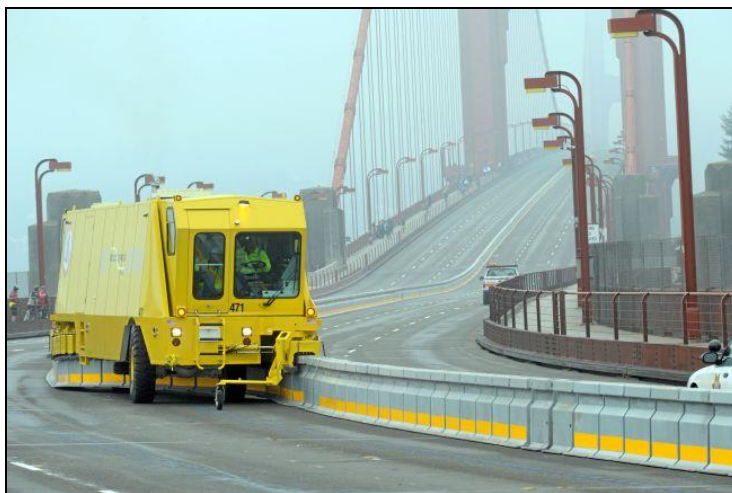


Slika 26. Autocesta A38, Birmingham, Engleska (Aston expressway)

Izvor: http://en.wikipedia.org/wiki/Reversible_lane (22.5.2015.)

d) Upravljanje trakovima s fizičkim odvajanjem uz pomoć pomičnih pregrada

Golden Gate most (slika 27) povezuje San Francisco s predgrađem Marin County. 11 siječnja 2015. godine završena je ugradnja pomičnih barijera uključujući nabavu tzv. „zipper“ kamiona, a cijena investicije iznosila je oko 30,3 milijuna dolara. Pomične pregrade omogućuju jednostavnu rekonfiguraciju prometnih trakova ovisno o prometnoj potražnji. Kako bi se dodatno poboljšala sigurnost, ograničenje brzine smanjeno je sa 80 na 72 km/h.



Slika 27. Golden Gate most, San Francisco, SAD

Izvor: <http://www.conracoatimes.com> (22.5.2015.)

4. Prijedlog rješenja

Na temelju analize brojanja prometa na dionici Langov trg – Ribnjak –Medveščak utvrđeno je da postojeće stanje nije izvedeno na način da pruža optimalnu propusnu moć s obzirom na jutarnji i poslijepodnevni vršni sat. U skladu s time predlaže se nova regulacija prometa s dinamičkom promjenom usmjerenja prometnih traka.

Osnovna prednost predloženog rješenja je što se predlaže na postojećoj prometnoj mreži te zahtijeva jednostavne građevinske radove.

4.1. Konceptijski

Predložene promjene na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak provest će se postavljanjem vertikalne i horizontalne signalizacije. Primjenom vertikalne promjenjive signalizacije omogućit će se nova regulaciju prometa, a promjenjivom signalizacijom povećat će se propusnost prometnice i kvaliteta sigurnosti u prometu. Dozvoljena brzina kretanja vozila na ovoj dionici je 40 km/h.



Slika 28. Promjenjivi prometni znakovi

Izvor: http://www.traffic-products.net/product/product_30_61_1.html (22.05.2015.)

Promjenjivi prometni znakovi (slika 28) koriste se za reguliranje kretanja vozila po prometnim trakama u određenim vremenskim periodima i uvjetima.

Grafička forma promjenjivih prometnih znakova za reguliranje kretanja vozila po prometnim trakama je prikaz crvenih prekrivenih linija i zelene strelice s vrhom okrenutim prema prometnom traku, na podlozi crne boje. Promjenjivi prometni znak u obliku žutih prekrivenih linija koristi se za upozorenje i uklanjanje svih vozila s prometnog traka. Promjenjivi prometni znak se postavlja iznad prometne trake na crnoj podlozi [12].

Promjenjivi prometni znakovi postavljaju se na udaljenosti od 500 do 1000 metara. Na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak postaviti će se promjenjiva prometna signalizacija na početku i kraju na dva konzolna stupa međusobne udaljenosti od 600 metara.

Promjenjivi prometni znakovi koriste se za dinamičko usmjerenje prometnih trakova, također mogu koristiti za [13]:

- označavanje zastoja prometnog traka, ukoliko se dogodila prometna nesreća,
- preusmjerenje dvosmjerne ulice u jednosmjernu ulicu prema gravitacijskom području za vrijeme vršnog sata.

Promjenjive prometne znakove treba koristiti umjesto statičkih znakova u situacijama kada su:

- dvije ili više prometne trake usmjerene u jednom smjeru,
- prometne trake dinamičkog usmjerenje tokom određenih perioda (jutarnji i poslijepodnevni period) [13].

Inženjerska istraživanja su dokazala da je sigurniji i učinkovitiji prometni tok upotrebom promjenjive prometne signalizacije. Samo jedan znak se prikazuje u određenom smjeru vožnje u bilo kojem trenutku.

Stanja promjenjivih prometnih znakova mogu biti:

- zelena strelica usmjerena prema prometnom traku ukazuje da je prometni trak otvoren za uporabu,
- crveni simbol „X“ ukazuje da je prometni trak zatvoren za sve korisnike,
- žuti simbol „X“ ukazuje da se prometni trak zatvara te da sva vozila moraju sigurno napustiti prometni trak.

Dinamičko usmjerenje prometnih traka zahtijeva i period uklanjanja vozila. Postoje dvije metode uklanjanja vozila s dinamičkog traka:

- prikaz crvenog „X“ u oba smjera na dinamičkom traku, vremenski period za uklanjanje vozila s dinamičkih traka,
- prikaz žutog „X“ u oba smjera na dinamičkom traku za sigurno uklanjanje vozila s dinamičkog traka, prije pojave crvenoga „X“ [13].

Period uklanjanja vozila, odnosno vremenski period prikaza žutog „X“ koji je potreban da se uklone sva vozila sa dinamičkog traka, računat će se na temelju vremena potrebnog za prelaženje dionice i vremena trajanja crvenog signalnog pojma na glavnom smjeru dionice. Očekuje se da u tome slučaju neće biti čekanja dulje od dva ciklusa⁵.

Vremenski period uklanjanja vozila s dinamičkog traka izračunat je prema sljedećoj formuli:

$$tp = \frac{s}{v} + tc \left(\frac{\text{sekunde}}{\text{minute}} \right)$$

$$tp = \frac{600}{8,33} + 20 = 92 \text{ sekunde (1,53 minute)}$$

Gdje je:

tp – period uklanjanja vozila (sekunda)

s – duljina dionice koja je regulirana promjenjivom prometnom signalizacijom (metar)

v – dopuštena brzina na dionici (m/s)

tc – vrijeme trajanja crvenog signalnog pojma na glavnom smjeru (sekunda).

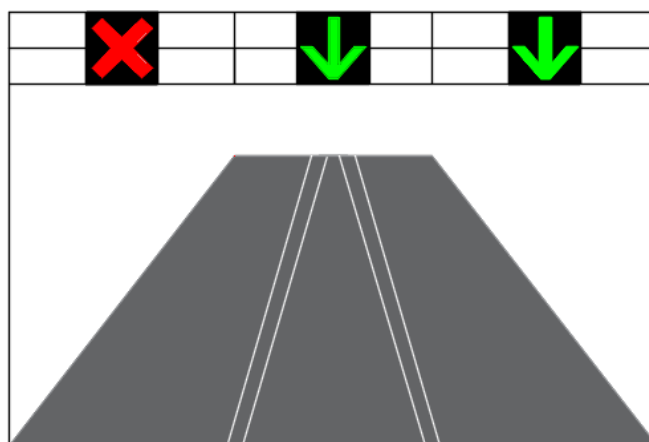
Period uklanjanja vozila, koji je prethodno definiran, potrebno je dodatno istražiti. Postoji mogućnost rješavanja tehnološki pomoću detektora ili fiksno sa zaštitom. Potrebno je detaljnije istražiti zbog semafora koji se nalazi na dionici između predviđenih pozicija promjenjive prometne signalizacije.

Na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak uklanjanje vozila s dinamičkog traka provedena je po načinu druge metode koja je navedena u radu.

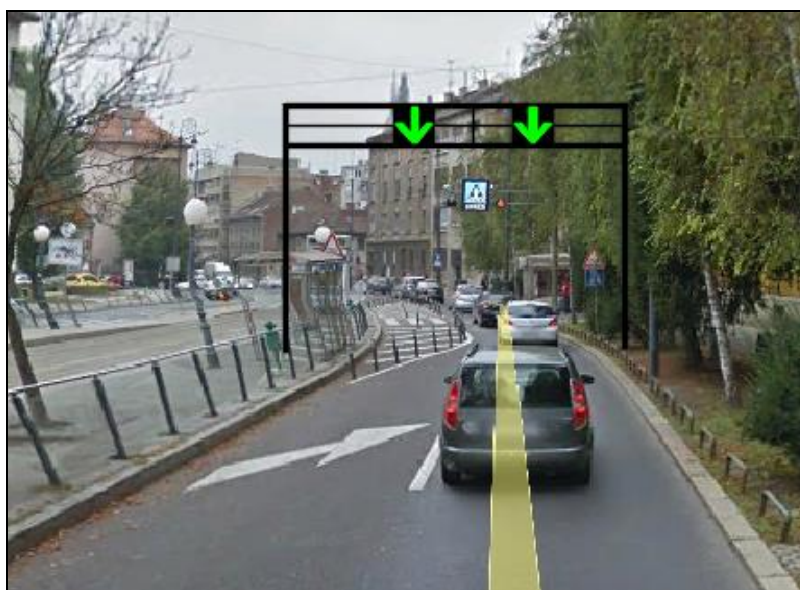
Tijekom jutarnjeg perioda na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak reguliranom promjenjivom prometnom signalizacijom (slika 29, 30) u vremenu od 2:17h do 14:00h prometni trakovi iznad kojih se nalazi zelena strelica omogućavaju dopušteno kretanje prema

⁵ Ciklus je trajanje jednostrukog isteka svih signalnih pojmova signalnog plana

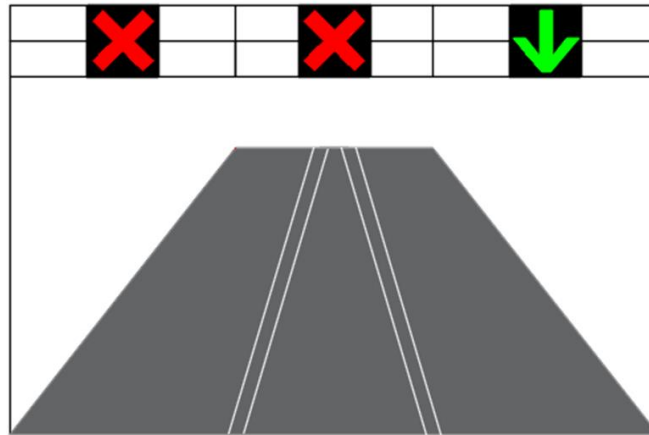
centru grada (sjever - jug), a u poslijepodnevnom periodu u vremenu od 14:00h do 2:17h samo je jedan trak dozvoljen za kretanje prema centru grada (slika 31, 32).



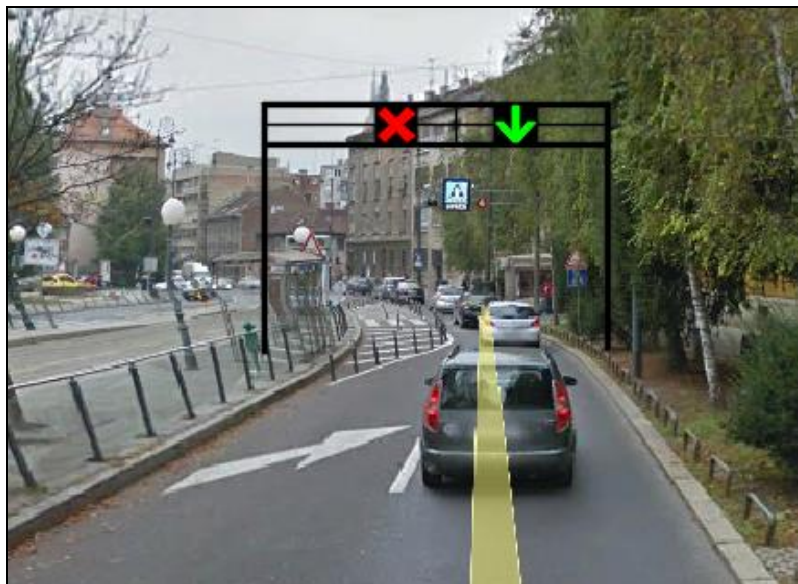
Slika 29. Shematski prikaz promjenjivih prometnih znakova s dopuštenim kretanjem vozila na dva prometna traka



Slika 30. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u smjeru centra grada - jutarnji period



Slika 31. Shematski prikaz promjenjivih prometnih znakova s dopuštenim kretanjem na jednom prometnom traku

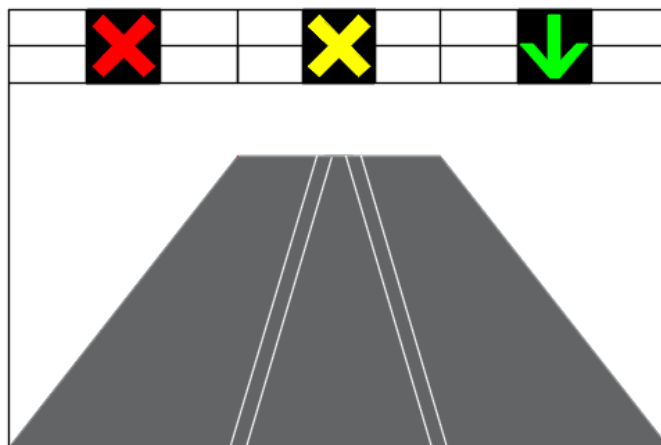


Slika 32. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u smjeru centra grada - poslijepodnevni period

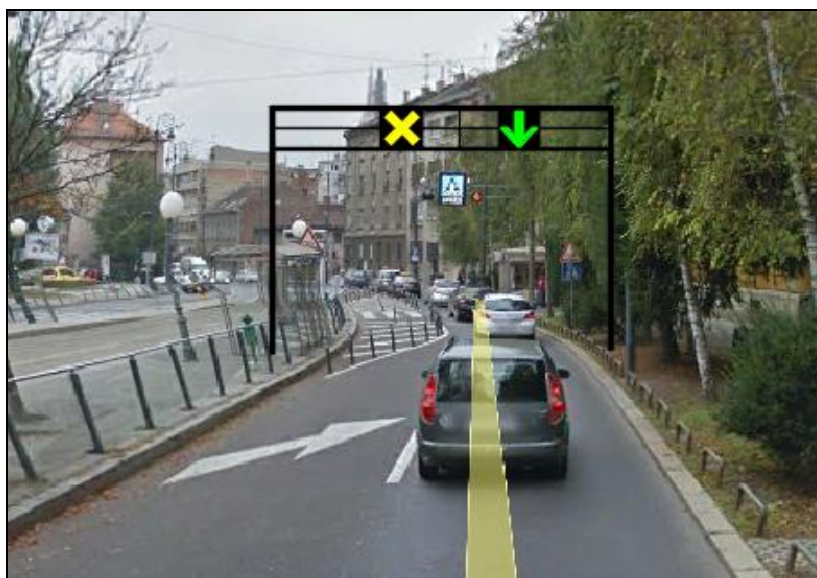
Period uklanjanja vozila s prometnog traka tijekom promjene smjera prometnog toka jedan je od najbitnijih perioda za primjenu dinamičkog usmjerenja prometnih traka (slika 33). Vremenski period koji je potreban za sigurno uklanjanje vozila sa srednjeg prometnog traka, koji je u ovom slučaju dinamični trak, traje dvije minuta u jutarnjem periodu u vremenu od 14:00h do 14:02h i u noćnim satima u vremenu od 2:15h do 2:17h za oba smjera (slika 34, 35).

Žuti simbol „X“ predstavlja period u kojem se vozila koja se nalaze na dinamičnom traku moraju napustiti prometni trak. Razloga promjene prometnog traka je taj što se zatvara

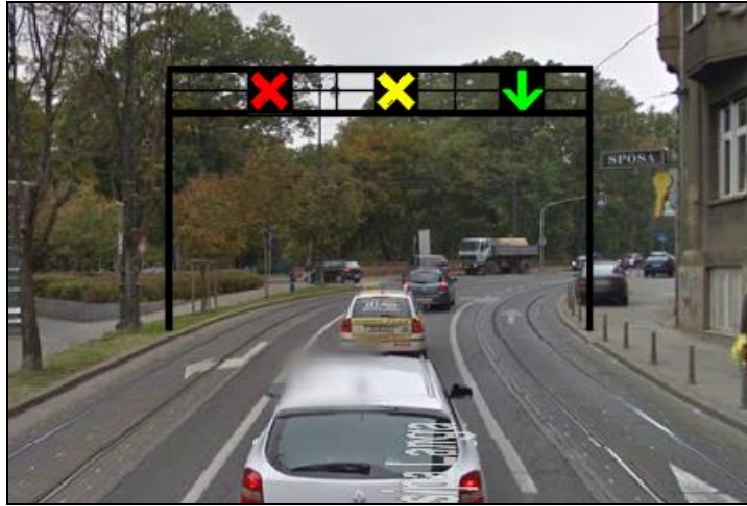
ili otvara prometni trak, mijenja svoj simbol u „ zelenu strelicu“ u jednom smjeru, a u suprotnom smjeru crveno „X“.



Slika 33. Shematski prikaz promjenjivih prometnih znakova – period uklanjanja (zaštitno vrijeme)

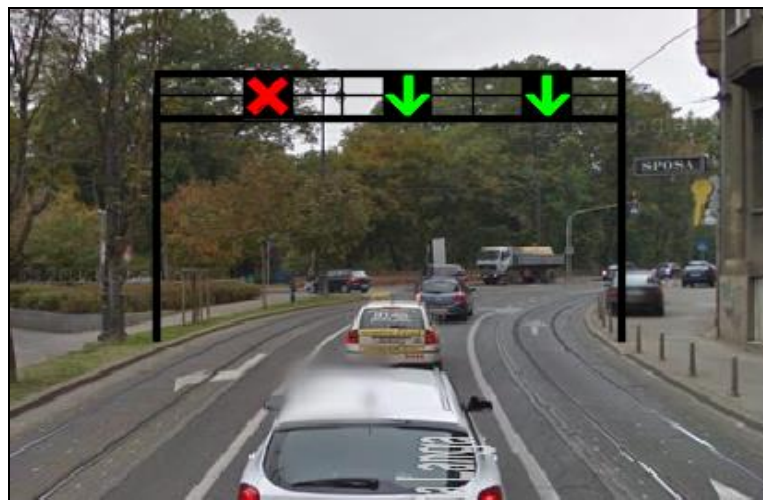


Slika 34. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u smjeru centra grada - period uklanjanja (zaštitno vrijeme)



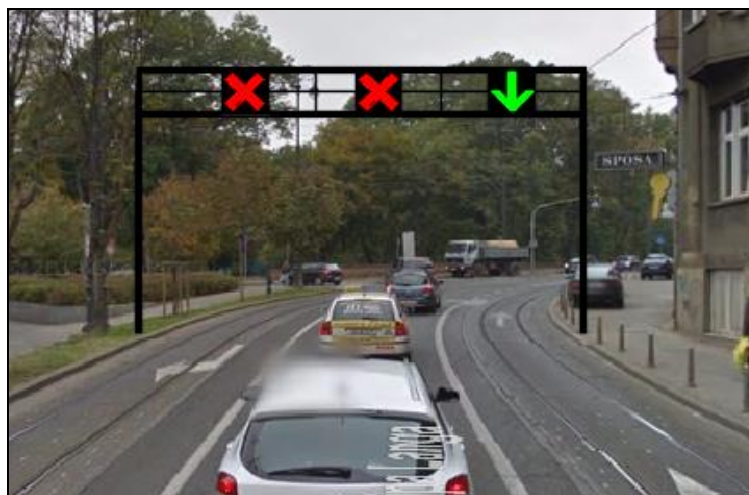
Slika 35. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera centra grada - period uklanjanja (zaštitno vrijeme)

Poslijepodnevni period na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak reguliran je promjenjivom prometnom signalizacijom u vremenu od 14:02h do 2:15h. Dva prometna traka iznad kojih se nalaze zelene strelice označavaju dopušteno kretanje iz smjera centra grada (slika 29, 35).



Slika 36. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera centra grada - poslijepodnevni period

U jutarnjem periodu u vremenu od 2:17h do 14:00h iz smjera centra grada samo je jedan trak dozvoljen za kretanje vozila (slika 31, 37).



Slika 37. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera centra grada - jutarnji period

Sva vozila koja se ulijevanju na dionicu Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz Zvonarničke ulice i Vinkovićeve ulice bit će obaviještena o regulaciji odvijanja prometa postavljanjem semafora u kombinaciji s dopunskim pločama prije ulijevanja na dionicu. Na dopunskim pločama pisat će vrijeme od kada do kada vremenski traje dinamičnost srednjeg prometnog traka, a o tome će se u detaljnije pisati u budućem istraživanju.



Slika 38. Shematski prikaz dinamičkih traka u smjeru prema centru grada

Dinamičko usmjerenje prometnih traka tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda u smjeru centra grada (slika 38) i iz smjera centra grada (slika 39) prikazano je shematski. Zelena boja označava dopušteno kretanje prometnim trakom, a crvena boja zabranu kretanja prometnim trakom iz tog smjera. U jutarnjem periodu dva traka su usmjerena prema centru grada (slika 38), a poslijepodne samo jedan trak u smjeru centra grada.



Slika 39. Shematski prikaz dinamičkih traka u smjeru iz centra grada

Tijekom poslijepodnevnog perioda dva traka označeno zeleno dopuštena su za kretanje vozila iz smjera centra grada (slika 39), a trak označen crvenom bojom predstavlja zabranu kretanja iz smjera centra grada. U jutarnjem periodu samo je jedan trak otvoren za kretanje vozila iz smjera centra grada.

Usporedbom slika 38 i 39 tijekom određenog vremenskog perioda vidljiva je dinamičnost srednjeg prometnog traka odnosno promjena smjernosti.

Vanjski prometni trakovi su fiksni i njihova smjernost se ne mijenja, a srednji prometni trak je dinamičan i njegova smjernost se mijenja tijekom jednog dana. Dinamičnost je podijeljena u tri faze:

1. dva prometna traka dozvoljena za kretanje vozila u jednom smjeru - jutarnji period
2. period uklanjanja vozila s dinamičnog traka (zaštitno vrijeme)
3. dva prometna traka dozvoljena za kretanje vozila iz suprotnog smjera – poslijepodnevni period.

U slučaju incidentnih situacija sva tri prometna traka mogu biti adaptivna odnosno dinamična. Dinamičnost prometnih trakova na ovoj dionici tehnološki se može riješiti postavljanjem detektora koji će na temelju prometne potražnje upravljati dinamičnim trakama i mijenjati im smjernost.

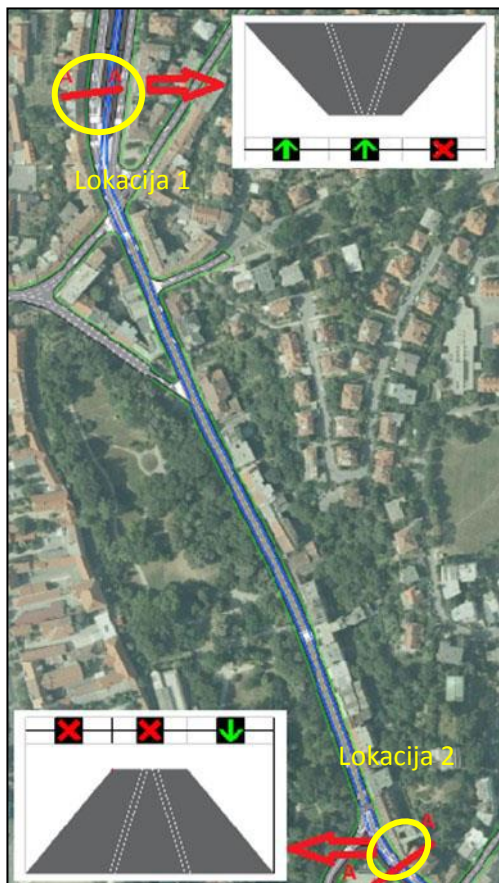
4.2. Idejno prometno tehnološko rješenje

Sukladno provedenoj analizi stanja prometnog sustava na terenu te analizi prometne ponude i potražnje postavljena je koncepcija prometnog rješenja regulacije prometa primjenom dinamičke izmjene usmjerenja prometnih traka.

Popis identificiranih lokacija i sažetak mjera koje su detaljno prikazane u daljnjem tekstu nalazi se u tablici 2.

Tablica 2. Tablica lokacija i sažetak mjera

| Redni broj | Lokacija | Sažetak potrebnih mjera |
|------------|--|--|
| 1. | Raskrižje Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice (Langov trg) | <ul style="list-style-type: none"> • uvođenje dodatnog prometnog traka iz Ribnjak ulice u Branjugovu prema centru grada • izmicanje pješačkog prijelaza iz samog raskrižja • obvezan smjer lijevo iz Ribnjak u Branjugovu ulicu, a dozvoljen smjer ravno samo za vozila javnog gradskog prijevoza • mjesto početka primjene predložene regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka |
| 2. | Raskrižje Degenove – Grškovićeve – Medveščak – Ribnjak ulice | <ul style="list-style-type: none"> • zabrana lijevog skretanja iz Ribnjak u Degenovu ulicu • uvođenje dodatnog prometnog traka iz Medveščak ulice u Ribnjak ulicu na postojećem stanju • mjesto početka primjene predložene regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka |
| 3. | Raskrižje Medveščak ulice (sjever - jug) – Belostenčeve ulice – Medveščak ulice (jug - sjever) | <ul style="list-style-type: none"> • uvođenje traka za lijevo skretanje iz smjera centra grada (jug - sjever) • dopušteno polukružno okretanje iz Medveščak ulice iz smjera centra prema centru grada • premještanje stajališta tramvaja poslije raskrižja iz smjera centra grada (jug - sjever) • ukidanje parkirnih mjesta u Medveščak ulici (jug -sjever) poslije raskrižja |
| 4. | Ulica Nova Ves | <ul style="list-style-type: none"> • ukidanje parkirnih mjesta duž ulice Nove Ves • provođenje dvosmjerne ulice na postojećem stanju |



Slika 40. Skica lokacija postavljanja vertikalne promjenjive prometne signalizacije te mjesto početka regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka

U prethodnom tekstu u tablici 2 naglašeno je mjesto postavljanja vertikalne promjenjive prometne signalizacije. Na slici 40 lokaciji 1 označava presjek A – A crvenom bojom i predstavlja mjesto postavljanja vertikalne signalizacije na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera sjevera prema centru grada kako bi vozači mogli odabrati prometni trak koji je dozvoljen za kretanje. U koncepciji je objašnjen način regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka. Detaljan prikaz dat je u grafičkom prilogu 1.

Presjekom A – A označena je i lokaciji 2 te ona, također, predstavlja mjesto postavljanja vertikalne promjenjive prometne signalizacije kako bi vozači koji se kreću iz smjera centra grada sa juga dobili informaciju na vrijeme o prometnim trakovima koji su dozvoljeni za kretanje.

4.2.1. Prijedlog rješenja raskrižja Šošarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice

Raskrižje Šošarićeve – Ribnjak – Branjugove prema postojećem stanju zahtijeva kratkoročne mjere izmjene regulacije prometa te manje građevinske radove.

Iz smjera Ribnjak ulice prema centru grada u Branjugovu ulicu raskrižje se proširuje s dodatnim prometnim trakom (slika 41) kako bi se mogla izvesti nova regulacija prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka koja je predložena u koncepciji. Pješački prijelaz prema postojećem stanju premješten je iz raskrižja u Branjugovu ulicu.



Slika 41. Idejno prometno rješenje raskrižja Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice

U Branjugovoj ulici zapažen je veliki intezitet pješačkog prometa pa je na temelju toga predloženo postavljanje semaforškog uređaja za pješački promet.

Zbog pješačkog prometa dolazi do stalnog prekidanja prometnog toka i stvaranja zagušenja na analiziranoj dionici budući da sva vozila iz smjera sjevera prema centru grada imaju za opciju dionicu Langov trg – Ribnjak – Medveščak za ulazak u grad Zagreb.

Kao dugoročno rješenje za lijeve skretače iz Šoštarićeve ulice predlaže se izgradnja prometnog traka prije skretanja u garažu Langov trg, gdje su taxi vozila da ne bi došlo do repa čekanja na južnom privozu raskrižja. Budući da je ukinut zasebni trak za lijeve skretače u Branjugovoj ulici.

4.2.2. Prijedlog rješenja raskrižja Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice

Raskrižje Degenove – Branjugove – Ribnjak ulice prema postojećem stanju zahtijeva kratkoročne mjere izmjene regulacije prometa.

Iz smjera centra grada iz Ribnjak ulice prema Degenovoj uvodi se zabrana za lijeve skretače, dozvoljen smjer desno i ravno (slika 42). Kako bi se mogla provesti predložena regulacija prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka, mora se provesti zabrana za lijevo skretanje. U suprotnom bi došlo do smanjenja razine usluge na raskrižju i repova čekanja.

U postojećem stanju uz manje građevinske radove iz Medveščak ulice u Ribnjak ulicu prema centru grada uvodi se dodatni prometni trak kako bi se mogla provesti predložena regulacija prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka.



Slika 42. Idejno prometno rješenje raskrižja Degenove –Branjugove – Ribnjak – Medveščak

Na samom raskrižju, na mjestu prekidanja prometnog toka zbog vozila javnog gradskog prijevoza daje se prednost vozilima javnog gradskog prijevoza, tj. tramvajima.



Slika 43. Dugoročno idejno prometno rješenje za vođenje lijevih skretača iz smjera centra grada

Kao dugoročno rješenje za lijeve skretače (slika 43), kojima je u kratkoročnom rješenju zabranjeno lijevo skretanje iz Ribnjak u Degenovu ulicu, predlaže se dvosmjerna ulica duž Dvorničićeve te izgradnja spoja koji bi povezivao Dvorničićevu i Grškovićeve ulicu.

4.2.3. Prijedlog rješenja raskrižja Medveščak (sjever – jug) – Belostenčeve ulice – Medveščak ulice (jug - sjever)

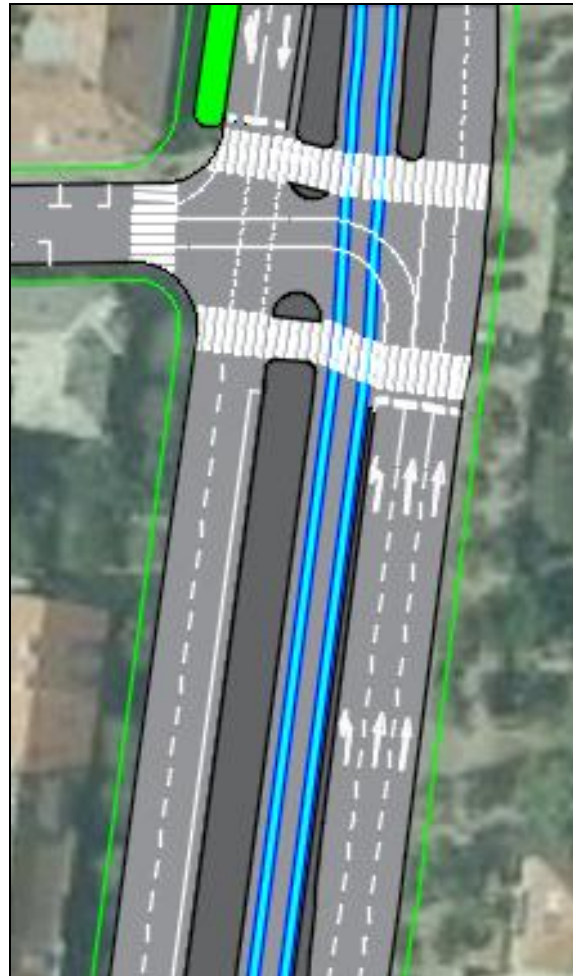
Raskrižje Medveščak (sjever – jug) – Belostenčeve ulice – Medveščak ulica (jug - sjever) prema postojećem stanju zahtijeva novo prometno rješenje. Na samom raskrižju iz smjera centra grada dodaje se trak za lijevo (slika 44) jer se na prethodnom raskrižju zabranilo lijevo skretanje. Dozvoljeno je polukrožno okretanje na ovom raskrižju.

Širina prometnih traka iznosi 2,75 metara samo na mjestu gdje je dodan lijevi trak. Zbog nedovoljnog prostora za izgradnju prometnog traka za lijevo predlaže se premještanje

stajališta tramvaja poslije raskrižja. Kako bi se moglo izgraditi tramvajsko stajalište, ukidaju se parkirališna mjesta iz smjera centra grada u ulici Medveščak.

U slučaju potrebe za povećanjem sigurnosti prometa na ovom raskrižju, raskrižje je moguće opremiti sustavom semaforizacije.

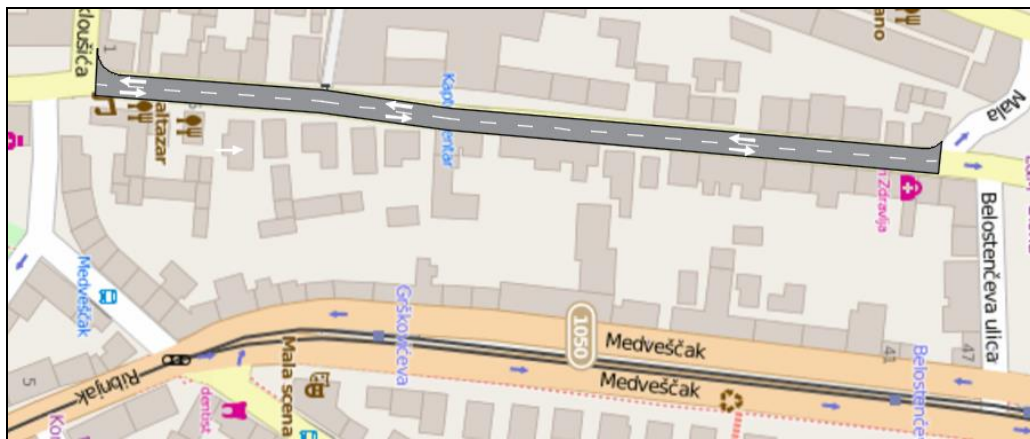
U slučaju potrebe za povećanjem kapaciteta Belostenčeve ulice moguće je ukloniti ulična mjesta za parkiranje na toj ulici te ju pretvoriti u dvotračnu prometnicu.



Slika 44. Idejno prometno rješenja raskrižja Medveščak ulice (sjever – jug) – Belostenčeve ulice – Medveščak ulice (jug - sjever)

4.2.4. Prijedlog rješenja ulice Nove Ves

Dugoročno gledano, kako bi se riješio problem lijevih skretača na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice, predlaže se dvosmjerna ulica Nova Ves (slika 45). Predviđeno je da vozila koja ne mogu skretati lijevo iz Ribnjak u Degenovu ulicu nastave voziti ravno, gdje mogu lijevo skrenuti na sljedećem raskrižju Medveščak (jug - sjever) – Belostenčeve – Medveščak (sjever - jug) ulice iz smjera centra grada u Belostenčevu ulicu. Time ne bi došlo do repova čekanja zbog lijevih skretača i ometanja prometnog toka iz smjera sjevera prema centru grada, koja se događaju na samom raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice.



Slika 45. Skica dvosmjerne ulice Nove Ves

5. Evaluacija rezultata prije i poslije rješenja

Evaluacija rezultata provedena je izradom simulacije. Simulacija je provedena računalnim programom „VISSIM“. „VSSIM“ je simulacijski program tvrtke „PTV Vision“ koji može analizirati privatne i javne prijevozne operacije pod definiranim uvjetima konfiguracije ceste, sastava prometa, prometnih znakova, stajališta javnog prijevoza. Program je razvijen kako bi bio koristan alat za procjenu različitih mogućnosti koje se temelje na prometnom inženjerstvu i planiranom mjerenju učinkovitosti.

Na temelju simulacije postojećeg stanja i simulacije idejnog prometnog rješenja u jutarnjem i poslijepodnevnom periodu provodi se usporedba dobivenih rezultata.

Kao reprezentativne točke evaluacije rezultata odabrane su sljedeće:

1. Raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice
2. Raskrižje Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice
3. Raskrižje Palmotićeve – Jurišićeve ulice

Simulacijom postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja dobiveni su rezultati:

- a) vremena putovanja (s),
- b) prosječne brzine (km/h),
- c) duljine repa čekanja (m) s 95% sigurnošću te
- d) prosječnog vremena kašnjenja (s)

na temelju kojih se određuje razina usluge (LOS – Level Of Service) prethodno navedenih raskrižja kao i cijele dionice.

Broj vozila koji je korišten u simulaciji temelji se na rezultatima ručnog brojanja prometa. Broj vozila, kao i svi drugi ulazni parametri koji su korišteni za izradu simulacije postojećeg stanja, korišteni su i u simulaciju predloženog idejnog prometnog rješenja.

U jutarnjem periodu vrlo su bitna sva tri navedena raskrižja jer utječu na propusnu moć područja obuhvata, a u poslijepodnevnom periodu raskrižje Palmotićeve – Jurišićeve ima manju ulogu u povećanju propusne moći dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak.

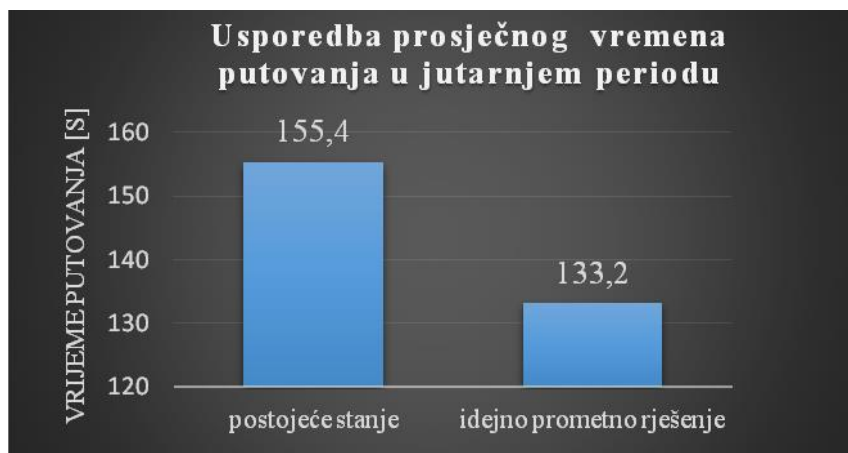
5.1. Usporedba rezultata simulacije u jutarnjem periodu

Simulacijom postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja u jutarnjem periodu dobiveni su rezultati koji se mogu očitati s grafikona 3 - 13. Temeljem dobivenih rezultata i njihove usporedbe utvrđena je prihvatljivost, tj. optimalnost idejnog prometnog rješenja. Budući da se u jutarnjem periodu dodaje prometni trak na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak prema središtu grada, promatran je sjeverni privoz reprezentativnih raskrižja.

Propusna moć⁶ u jutarnjem periodu prema centru grada povećala se na sva tri raskrižja koja su gledana kao reprezentativne točke. Navedena raskrižja utječu na propusnu moć i ulaze u obuhvatno područje dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak. Raskrižje Palmotićeve – Jurišićeve ulice ne ulazi u obuhvatni prostor dionice, ali utječe na propusnu moć dionice. Evaluacijom rezultata simulacija, odnosno zabilježenog broja vozila na raskrižjima postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja, zabilježeno je povećanje propusne moći za:

- 34 % na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice,
- 16% na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice,
- 21% na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve ulice.

Propusna moć dionice prema simulaciji se povećala za oko 20% .



Grafikon 3. Usporedba prosječnog vremena putovanja po vozilu postojećeg stanja i predloženog idejnog rješenja dionice u jutarnjem periodu

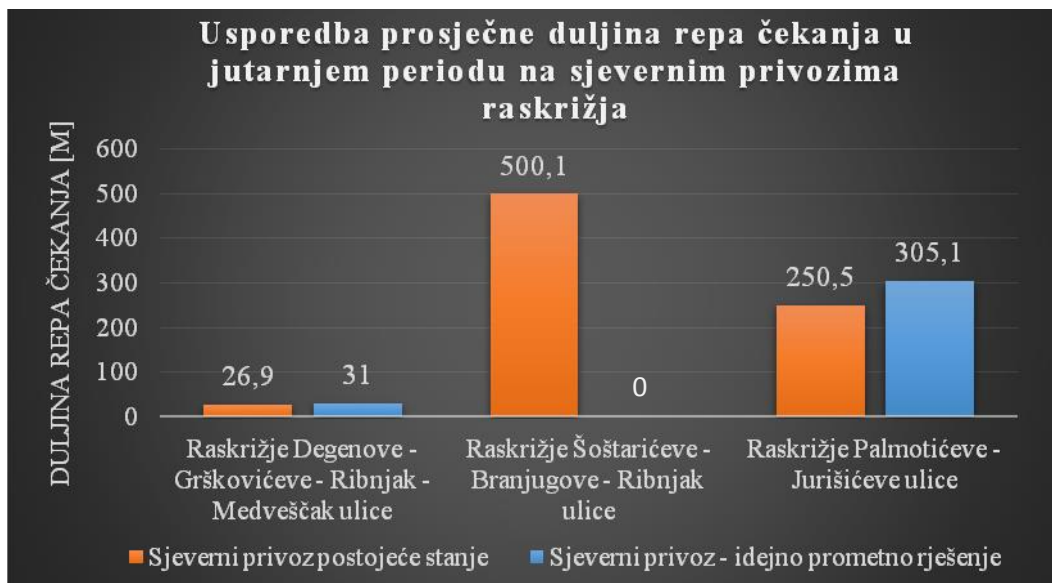
⁶ Propusna moć ili kapacitet ceste označava se najvećim brojem vozila koja mogu proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek. [17] Propusna moć raskrižja pokazuje koliki broj vozila, s obzirom na prostornu razdiobu prometnih tokova može proći privozom ili cijelim raskrižjem. [18]

Prosječno vrijeme putovanja dionicom u jutarnjem periodu se smanjilo za 22,20 (15%) sekundi po vozilu u odnosu na postojeće stanje (grafikon 3). Razlog smanjenju vremena putovanja je dodatni prometni trak u smjeru prema centru grada.



Grafikon 4. Usporedba prosječne brzine prometnog toka postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja dionice u jutarnjem periodu

Prosječna brzina prometnog toka na dionici u jutarnjem periodu povećala se za 4,4 (23%) km/h idejnim prometnim rješenjem (grafikon 4). Razlog zbog kojeg se brzina prometnog toka povećala je uvođenje pješačkog semafora u Branjugovoj ulici, kao i uvođenje dva prometna traka. Intezitet pješakog prometa je izrazit u jutarnjem periodu u Branjugovoj ulici i zbog toga se događa zagušenje prema centru grada na dionici Langov trg – Ribnjak - Medveščak.

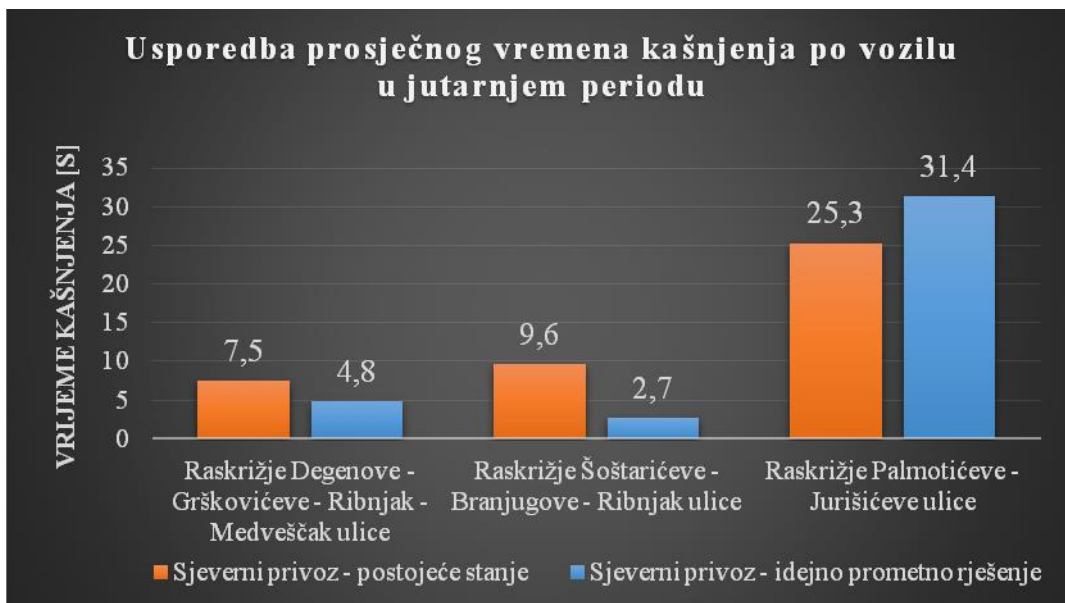


Grafikon 5. Usporedba prosječne duljine repa čekanja na sjevernim privozima raskrižja u jutarnjem periodu

Prosječna duljina repa čekanja na sjevernom privozu raskrižja Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice povećala se za 4,1 metra (grafikon 5), zbog toga što je vozilima iz smjera centra grada zabranjeno lijevo skretanje na ovom raskrižju. Lijevi skretači u ovoj simulaciji vođeni su rutom polukružnog okretanje na raskrižju Medveščak (jug - sjever) - Medveščak (sjever - jug) – Belostončeve ulice. Ukoliko se ulica Nova Ves izvede kao dvosmjerna ulica, rep čekanja na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice smanjio bi se za 50% u odnosu na postojeće stanje.

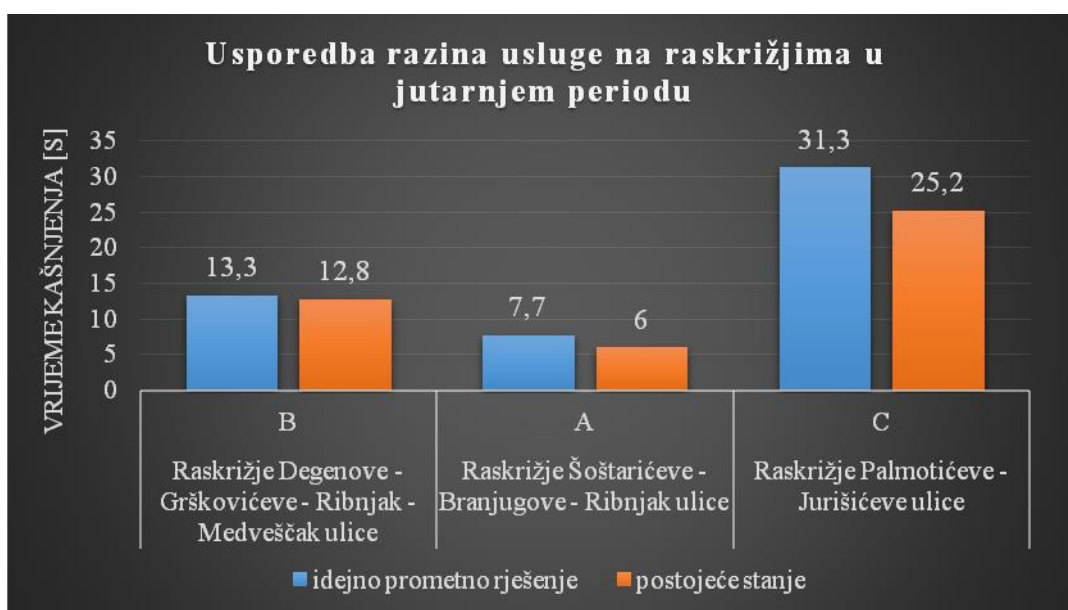
Na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice u postojećem stanju prema simulaciji zabilježen je prosječan rep čekanja od 500,1 metar (grafikon 5) na sjevernom privozu, dok u predloženom rješenju nema repa čekanja. U postojećem stanju samo je jedan trak otvoren prema centru grada, a u predloženom rješenju dva traka, s tim da se ukida zasebni trak lijevim skretačima iz Šoštarićeve ulice. Prema simulaciji, zbog toga se događa rep čekanja na južnom privozu ovog raskrižja od 111,2 metra. Izgradi li se prometni trak prije skretanja u garažu na Langovom trgu, gdje su taxi vozila, rep čekanja na južnom privozu nestaje. Varijantom izvođenja traka za lijeve skretače iz Šoštarićeve ulice smanjuje se i rep čekanja na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve ulice za 16,6 metara.

Prosječna duljina repa čekanja na raskrižju Palmotićeve Jurišićeve ulice povećala se za 54,6 metara predloženim rješenjem (grafikon 5). Razlog tome je povećana propusna moć dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak.



Grafikon 6. Usporedba prosječnog vremena kašnjenja po vozilu na sjevernim privozima raskrižja u jutarnjem periodu

Evaluacijom rezultata prosječno vrijeme kašnjenja po vozilu na sjevernom privozu raskrižja Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice smanjilo se za 2,7 sekunde u odnosu na postojeće stanje. Na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice vrijeme kašnjenja se smanjilo za 6,9 sekundi na temelju predloženog rješenja regulacije prometa (grafikon 6). Prosječno vrijeme kašnjenja na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve ulice se povećalo za 6,1 sekundu u odnosu na postojeće stanje (grafikon 6). Razlog tome je povećanje propusne moći na dionici.



Grafikon 7. Usporedba razine usluge raskrižja postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja

Razina usluge⁷ postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja ostala je ista, no prema grafikonu vrijeme kašnjenja na raskrižjima se zanemarivo povećalo u predloženom rješenju (grafikon 7). Važno je naglasiti da je propusna moć raskrižja, kao i dionice, povećana, a pri tome je razina usluge ostala ista.

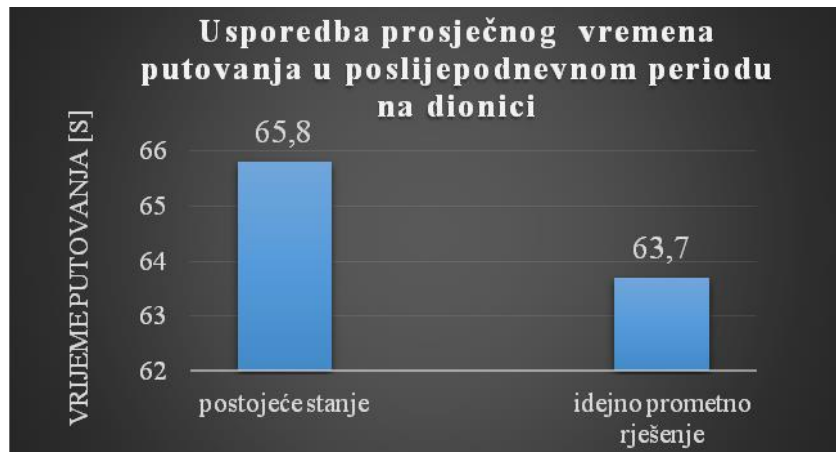
Svi navedeni parametri utječu na propusnu moć dionice, što je i prikazano na prethodnim grafovima i evaluacijom rezultata prije i poslije rješenja.

5.2. Usporedba rezultata simulacije u poslijepodnevnom periodu

Simulacijom postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja u poslijepodnevnom periodu dobiveni su rezultati koji se mogu očitati iz grafikona 8 - 13. Temeljem dobivenih rezultata i njihove usporedbe utvrdila se prihvatljivost idejnog prometnog rješenja. Predloženo rješenje u odnosu na postojeće stanje nema znatnih promjena regulacije prometa. Budući da se uvodi dinamičnost prometnih traka, poslijepodnevni period zadržava dva prometna traka u smjeru iz centra grada, kako je i u postojećem stanju. Na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice iz smjera centra grada zabranjuje se lijevo skretanje, odnosno na južnom privozu. Za evaluaciju rezultata u poslijepodnevnom periodu promatra se južni privoz svih reprezentativnih raskrižja.

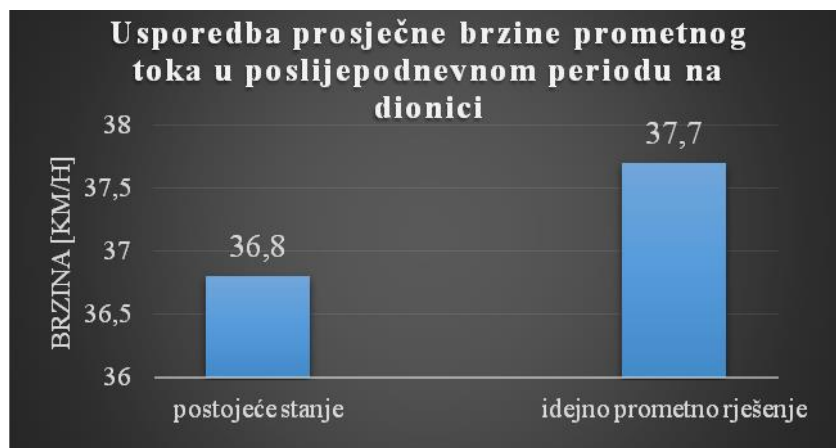
Propusna moć u poslijepodnevnom periodu iz smjera centru grada ostala je ista na raskrižjima koja ulaze u obuhvatno područje dionice, što je bilo i za očekivati.

⁷ Razina usluge je kvalitativna mjera koja se sastoji od brojnih elemenata, kao što su: brzina vožnje, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, prekidi u prometu, udobnost vožnje, sigurnost vožnje i troškovi iskoristivosti vozila. [17]



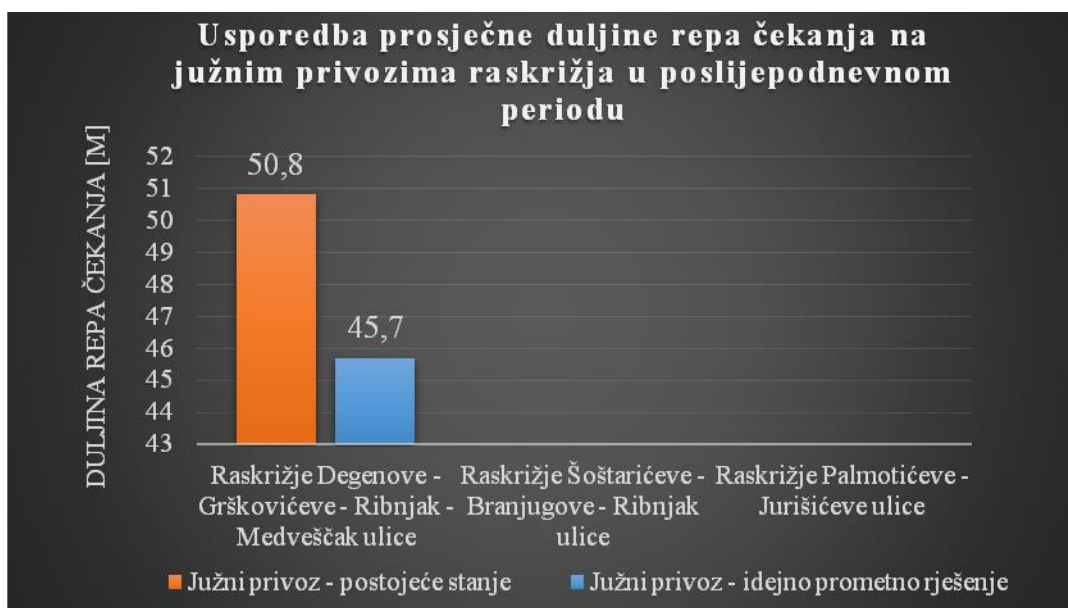
Grafikon 8. Usporedba prosječnog vremena putovanja postojećeg stanja i predloženog idejnog rješenja dionice u poslijepodnevnom periodu

Prosječno vrijeme putovanja u poslijepodnevnom periodu smanjilo se za 2,1 sekundu predloženim rješenjem (grafikon 8) u odnosu na postojeće stanje, ali promjene su zanemarive.



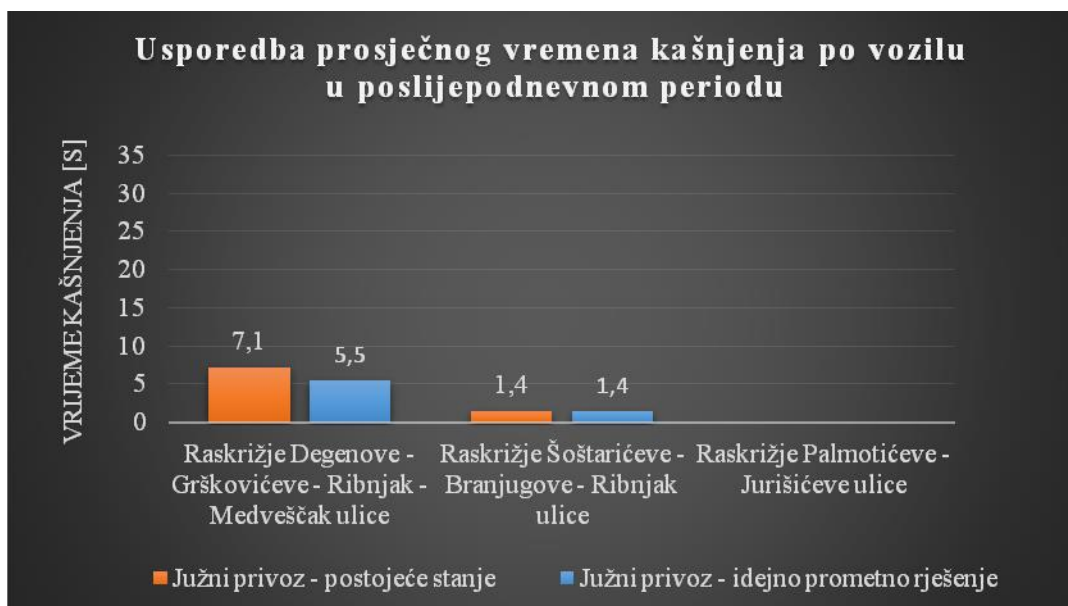
Grafikon 9. Usporedba prosječne brzine prometnog toka postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja dionice u poslijepodnevnom periodu

Prosječna brzina prometnog toka povećala se za 0,9 km/h na temelju predloženog rješenja (grafikon 9). Činjenica je da se ni propusna moć nije povećala, a zbog toga je razlika u brzinama u postojećem stanju i idejnom prometnom rješenju zanemariva.



Grafikon 10. Usporedba prosječne duljine repa čekanja na južnim privozima raskrižja u poslijepodnevnom periodu

Prosječna duljina repa čekanja zabilježena je samo na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjaka – Medveščak ulice. Usporedbom postojećeg i predloženog rješenja prosječan rep čekanja iznosi 5,1 metar (grafikon 10). Na ostala dva raskrižja rep čekanja nije zabilježen zbog toga što na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice lijevi skretači s južnog privoza imaju svoj trak u Branjugovoj ulici u poslijepodnevnom periodu.



Grafikon 11. Usporedba prosječnog vremena kašnjenja po vozilu na južnim privozima raskrižja u poslijepodnevnom periodu

Prosječno vrijeme kašnjenja po vozilu u poslijepodnevnom periodu na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Branjugove – Ribnjak – Medveščak ulice smanjilo se u odnosu na postojeće stanje za 1,6 sekundi (grafikon 11).

Na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice prosječno vrijeme kašnjenja zabilježeno je jednako (grafikon 11). Uvođenjem dimačke izmjene prometnih traka u poslijepodnevnom periodu regulacija prometa je ostala kao i u postojećem stanju.

Raskrižje Palmotićeve – Jurišićeve nema zabilježenog vremena kašnjenja po vozilu jer je na raskrižju dozvoljeno kretanje vozila u smjeru sjever – jug, istok – zapad, zapad – istok. U poslijepodnevnom periodu nema prevelikog utjecaja na propusnu moć dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak zbog toga što je manji intezitet prometa prema centru grada u odnosu na intezitet prometa iz smjera centra grada.



Grafikon 12. Razina usluge na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu – postojeće stanje

Simulacijom postojećg stanja zabilježena je sljedeća razina usluge:

- raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice razina usluge „B“,
- raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Medveščak ulice razina usluge „A“,
- raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve razina usluge „B“.



Grafikon 13. Razina usluge na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu – idejno prometno rješenje

Simulacijom idejnog prometnog rješenja zabilježena je sljedeća razina usluge:

- raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice razina usluge „B“,
- raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Medveščak ulice razina usluge „A“,
- raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve razina usluge „A“.

Usporedbom vrijednosti iz grafikona 12 i 13 očitano je povećanje razine usluge na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve s „B“ na „A“, dok je na ostalim raskrižjima razina usluge ostala ista. Razina usluge ostala ista, a vrijeme kašnjenja na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice se povećalo idejnim prometnim rješenjem za 0,4 sekunde u odnosu na postojeće stanje, ali je razlika vremena kašnjenja zanemariva. Vrijeme kašnjenja idejnim prometnim rješenjem na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve ulice smanjilo se za 16,1 sekundu, što je četiri puta manje nego u postojećem stanju. Razlog zbog kojeg je vrijeme kašnjenja smanjeno idejnim prometnim rješenjem na raskrižju je postavljanje semafora za pješake u Branjugovoj ulici.

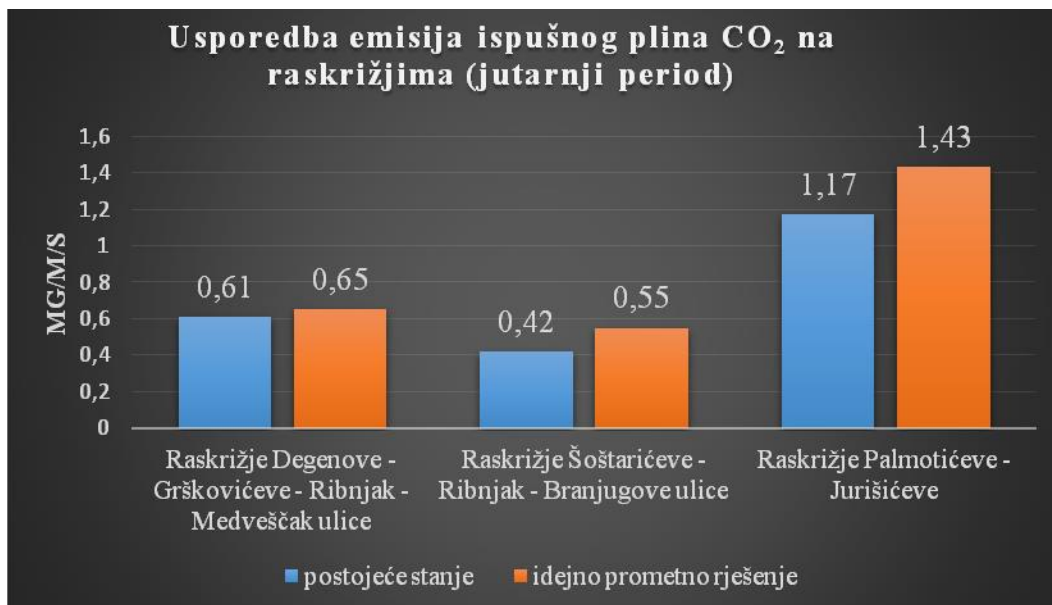
5.3. Emisije ispušnih plinova i potrošnje goriva prije i poslije rješenja

Da bi se okoliš zaštitio od štetnog utjecaja prometa potrebno je zbog sve većih prometnih zagušenja u gradovima, ponajprije u gradu Zagrebu, uvesti regulaciju prometnih tokova koji se slijevaju u grad Zagreb. Zbog porasta broja vozila u vršnim satima, u jutarnjem dolasku na posao i popodnevnom odlasku s posla, odvijanje prometa na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak prema analizi prometnih tokova postaje nemoguće. Sagledavajući sve činjenice, potrebno je riješiti problem zagušenja prometa i nepotrebnog zagađenja okoliša na način da se uvede regulacija prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka. Na veliki broj budućih prometnih zahtjeva prijedlog nove regulacije prometa utjecao bi na smanjenje prometnog zagušenja i zagađenja.

Analiza emisije ispušnih plinova i potrošnje goriva rađena je za reprezentativna raskrižja, kao i dionicu na kojoj je uvedena nova prometna regulacija s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih trakova. Prema simulaciji postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja jutarnjeg perioda i poslijepodnevnog perioda emisije ispušnih plinova na raskrižjima su približno ostale iste, dok je emisija štetnih plinova i potrošnja goriva na dionici znatno smanjena idejnim prometnim rješenjem.

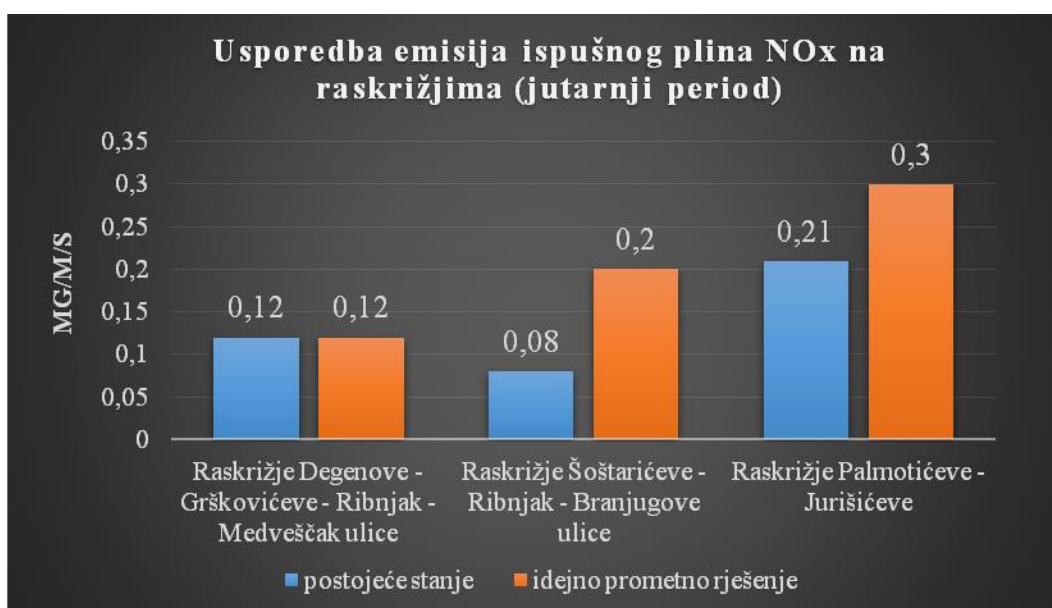
Analiza emisije štetnih plinova i potrošnje goriva na reprezentativnim raskrižjima

S obzirom da je idejnim prometnim rješenjem propusna moć raskrižja povećana, vrijednosti emisije i potrošnje goriva skoro su jednake (grafikoni 14, 15, 16, 17, 18, 19).



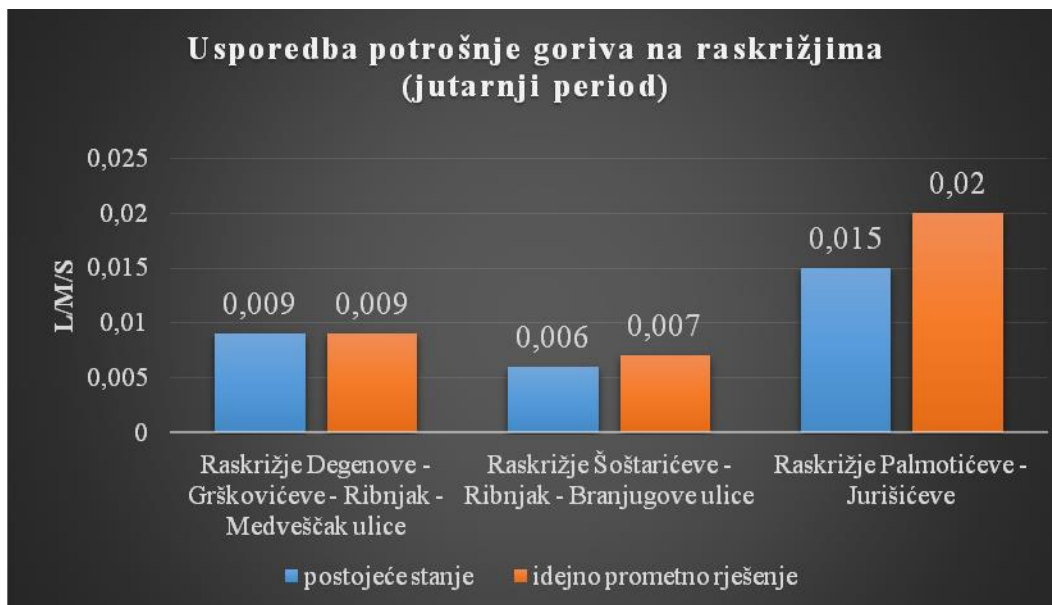
Grafikon 14. Usporedba emisije ispušnog plina CO₂ na raskrižjima u jutarnjem periodu

Analizom grafikona 14 emisija ispušnog plina CO₂ na raskrižjima u jutarnjem periodu u odnosu na postojeće stanje povećala se u prosjeku na sva tri raskrižja za 0,14 mg/m/s, s tim da se broj vozila povećao za 50% prema simulaciji.



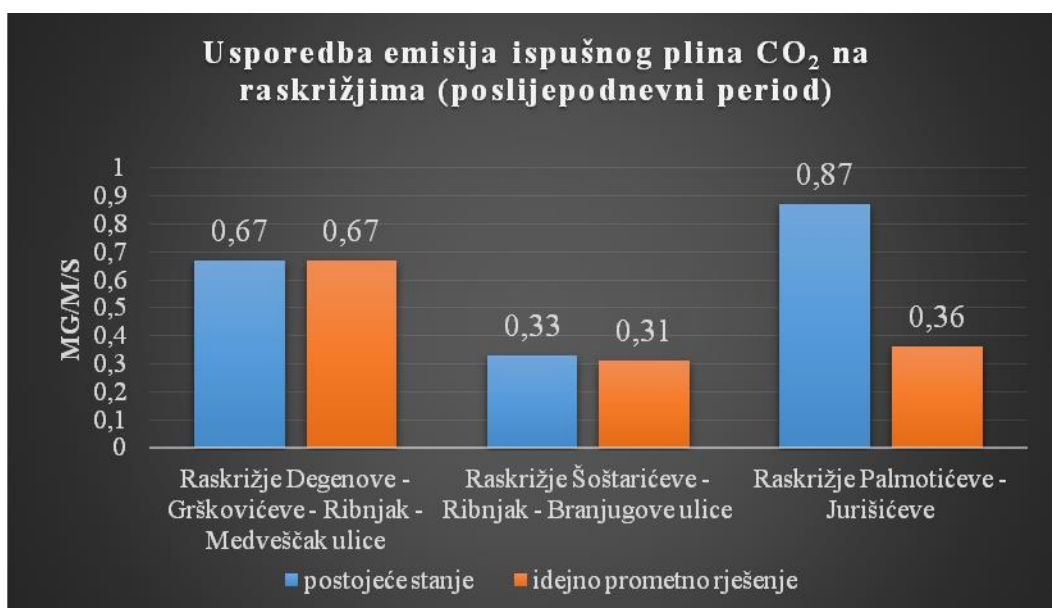
Grafikon 15. Usporedba emisije ispušnog plina NO_x na raskrižjima u jutarnjem periodu

Analizom grafikona 15 emisija ispušnog plina NO_x na raskrižjima prema simulaciji u jutarnjem periodu u odnosu na postojeće stanje povećala se na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice za 0,12 mg/m/s, a na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve za 0,09 mg/m/s, s tim da se broj vozila povećao za oko 25% prema simulaciji.



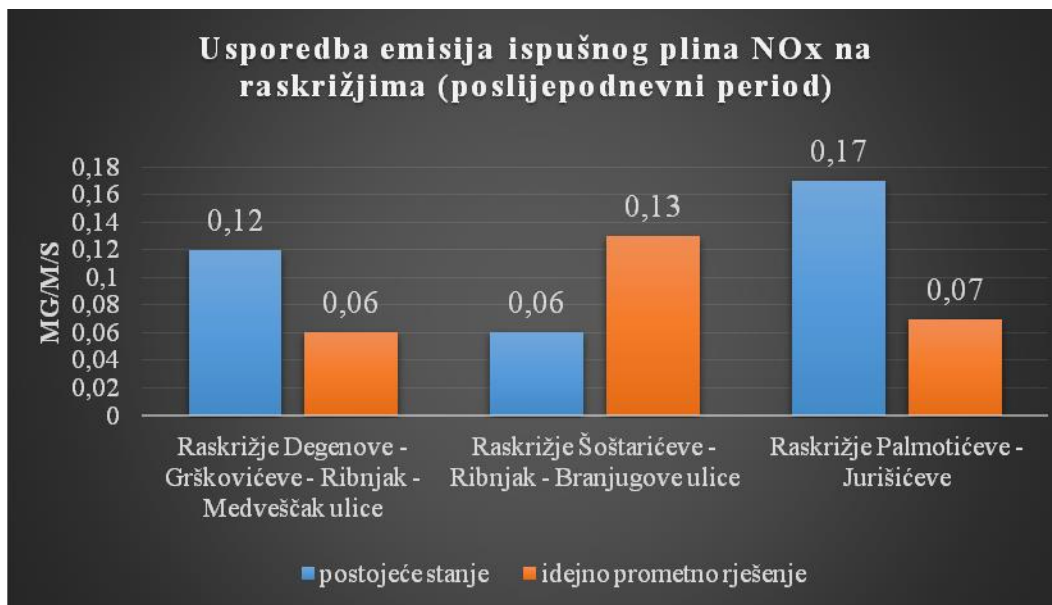
Grafikon 16. Usporedba potrošnje goriva na raskrižjima u jutarnjem periodu

Analizirajući grafikon 16 potrošnja goriva na raskrižjima ostala je prema postojećem stanju i idejnom prometnom rješenju približna.



Grafikon 17. Usporedba emisije ispušnog plina CO₂ na raskrižjima u jutarnjem periodu

Analizom grafikona 17 emisija ispušnog plina CO₂ idejnim prometnim rješenjem u poslijepodnevnom periodu smanjila se na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice, kao i na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve ulice. Broj vozila koji je proizašao iz simulacije je približan u postojećem i idejnom prometnom rješenju.



Grafikon 18. Usporedba emisije ispušnog plina NO_x na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu

Idejnim prometnim rješenjem analizom grafikona 18 emisija ispušnog plina NO_x u poslijepodnevnom periodu povećala se samo na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice, dok se na druga dva raskrižja smanjila.



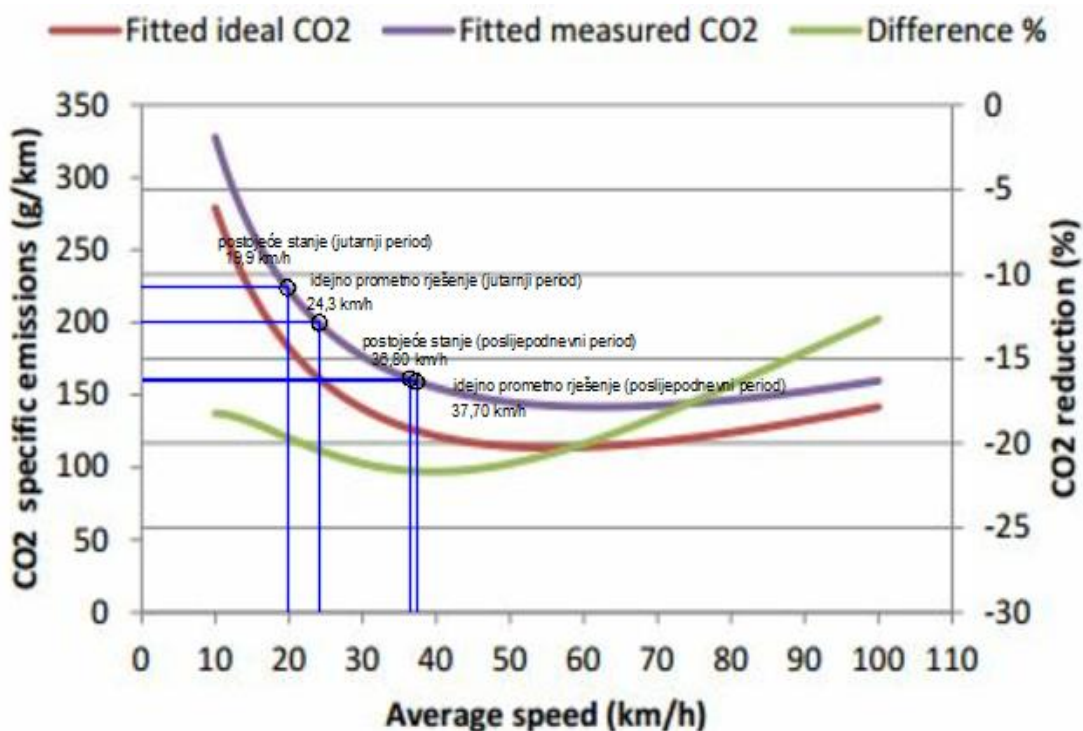
Grafikon 19. Usporedba potrošnje goriva na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu

Analizom grafikona 19 potrošnja goriva na raskrižjima je ostala ista, osim na raskrižju Palmotićeve – Jurišićeve gdje se smanjila za 0,008 l/m/s. Razlog tome je postavljenje semafora za pješake u Branjugovoj ulici, kao i sa emisijama ispušnog plina u poslijepodnevnom periodu.

Analiza emisije štetnih plinova i potrošnje goriva na dionici

Na temelju povećanja brzine na dionici uštedeno je oko 74 tone CO₂/god te 31.000 litara/100 km goriva godišnje.

Rezultati smanjenja emisije CO₂ na dionici dobiveni su temeljem razlike prosječne brzine prometnog toka dionice simulacijom postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda u ovisnosti o emisiji ispušnog plina CO₂. Nakon toga, dobiveno smanjenje emisije CO₂ pomnoženo je s PGDP⁸ – om i brojem dana u godini jer je izračun razlike smanjenja emisije CO₂ za jedan sat te se zbog toga množi s 365. Izračun emisije CO₂ u ovisnosti o brzini (slika 46) dobiven je na temelju istraživanja Alessandrinia, Cattivera, Filippia, Ortenzia sa Sveučilišta u Italiji. [14]



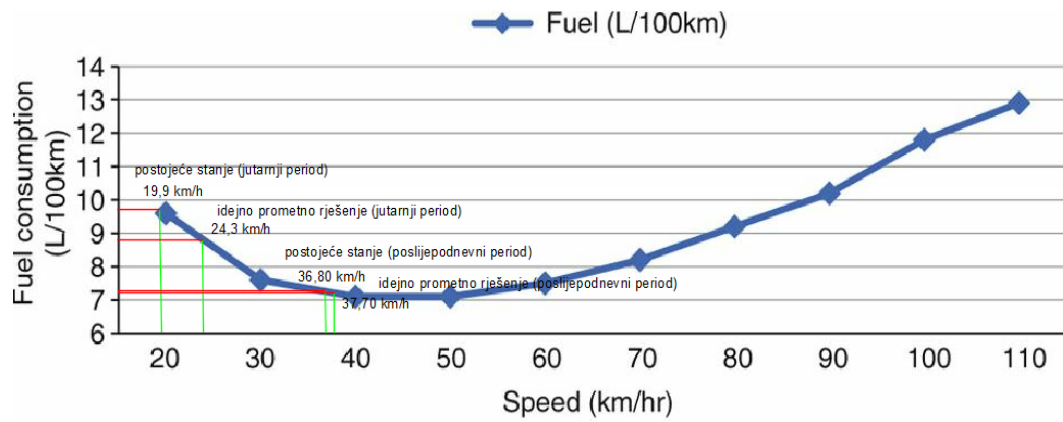
Slika 46. Emisije ispušnog plina CO₂ u ovisnosti o brzini

Izvor: [14]

Rezultati smanjenja potrošnje goriva na dionici dobiveni su temeljem razlike prosječne brzine prometnog toka dionice postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja dobivene simulacijom. Način izračuna smanjenja potrošnje goriva je isti kao i kod emisije CO₂,

⁸ PGDP – prosječni godišnji dnevni promet

pomnoženo s PGDP –om i brojem dana u godini. Izračun smanjenja potrošnje goriva tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda (slika 47) dobiven je na temelju istraživanja Paksoya i Ozceylana sa Sveučilišta u Konyi. [15]



Slika 47. Potrošnja goriva u ovisnosti o brzini

Izvor: [15]

6. Analiza troškova i koristi

Analiza troškova i koristi je metoda koja se koristi kod donošenja investicijskih odluka kojima se provodi utjecaj na razvoj šire društvene zajednice.

Analizu troškova i koristi treba primjenjivati za ocjenu onih projekata koji donose značajne društvene efekte, efekte koji su značajni ne samo za pojedinog investitora, već i za širu društvenu zajednicu. To su projekti koji pokraj direktnih efekata donose i značajne indirektno efekte. Analiza troškova i koristi najviše se koristi kod ocjene onih investicijskih projekata koji zahtijevaju velika ulaganja financijskih sredstava i donose efekte od značaja za mnoga područja društvene i privredne djelatnosti. Tu se, prije svega, svrstavaju investicijski projekti u prometu (cestovni, željeznički, zračni, pomorski).

Osnovna ideja analize troškova i koristi je da se uzmu u obzir i izračunaju ili procijene sve društvene koristi i troškovi jednog projekta i da se na osnovu uspoređivanja ukupnih koristi i troškova ocijeni valjanost odnosno rentabilnost promatranog projekta.

Naravno, samo oni projekti kod kojih ukupne koristi nadmašuju ukupne troškove mogu biti ocijenjeni prihvatljivim za realizaciju. Konačna ocjena ovisi o vrsti investicijskih projekata koji se ocjenjuju i primijenjenih kriterija za ocjenu.

Analiza troškova i koristi bazira se na utvrđivanju i procjenjivanju ukupnih društvenih koristi i troškova u javnom sektoru, pri čemu je težište na maksimiziranju društvenih koristi.

Za potrebe diplomskog rada u prvom koraku definirani su troškovi i koristi. Definirani troškovi i koristi prikazani su u tablica 3.

Tablica 3. Prikaz troškova i koristi predmetnog rješenja

| | |
|---------------|--|
| Trošak | <p>Trošak investicija [kn] – troškovi postavljanja vertikalne promjenjive signalizacije, troškovi postavljanja semaforских uređaja, trošak građevinskih radova</p> <p>Trošak održavanja [kn] – održavanje objekata, nepredviđeni događaji.</p> |
| Korist | <p>Ušteda vremena [kn] – ušteda vremena putovanja po broju prevezenih putnika</p> <p>Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] – valorizacija troška emisije štetnih plinova uslijed povećanja brzine.</p> <p>Smanjenje potrošnje goriva [kn] - valorizacija troška potrošnje goriva uslijed povećanja brzine.</p> |

Za potrebe izrade predmetne analize troškova i koristi ulazni podaci smanjenja emisije štetnih plinova i smanjenja potrošnje goriva dobiveni su temeljem metodologije opisane u petom poglavlju. Cijena emisije određena je prema priručniku za izradu analize troškova i koristi infrastrukturnih projekata izdanim od strane Europske unije. U analizi nije korišten porast cijene iz godine u godinu, već samo za postojeće stanje (2010.-2020.) zbog toga što se za većinu investicija ne zna vrijeme početka izvođenja te je kao optimalna vrijednost uzeta sadašnja vrijednost (25 €/toni), tako da se od smanjenja emisije CO₂ mogu očekivati samo veće koristi. Za cijenu goriva je uzeta prosječna cijena od 10,7 kn/l.

Radni sat po stanovniku izračunat je na temelju BDP⁹ prema Državnom zavodu za statistiku te prema tome dobiven iznos jednog radnog sata po stanovniku u Republici Hrvatskoj od 8,76 kn. [16] Trošak vremena u analizi troškova i koristi izračunat je na temelju uštedenog vremena putovanja tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog perioda, koje je pomnoženo PGDP – om, radnim satom po stanovniku, koeficijentom zauzetosti vozila od 1,4 [1] te brojem dana u godini. Za potrebe ovog rada uslijed nedostatka točnijih podataka kao koeficijent popunjenosti tramvaja u vršnom satu na analiziranoj dionici korišten je pesimistični scenarij, tj. koeficijent popunjenosti u iznosu od 0,5. Troškovi investicije i održavanja za potrebe analize su procijenjeni temeljem tržišnih vrijednosti za potrebe ovog rada. Za potrebe budućeg istraživanja potrebno je detaljnije analizirati troškove.

⁹ Bruto domaći proizvod

Za proračun analize troškova i koristi korištena je diskontna stopa¹⁰ od 8%. Planski period za koji je rađena analiza iznosi 25 godina. Radi lakšeg proračuna za sve godine planskog razdoblja, korišteni su isti ulazni podaci budući da nije rađena detaljna analiza svih postojećih kao i budućih prometnih zahtjeva.

Tablica 4. Vrijednosti ulaznih varijabli analize troškova i koristi

| | | |
|--------|--|--------------|
| Trošak | Početna investicija [kn] | 2.620.000,00 |
| | Trošak održavanja [kn] | 131.000,00 |
| Korist | Trošak vremena [kn] | 337.488,21 |
| | Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | 14.073,67 |
| | Smanjenje potrošnje goriva [kn] | 330.698,21 |

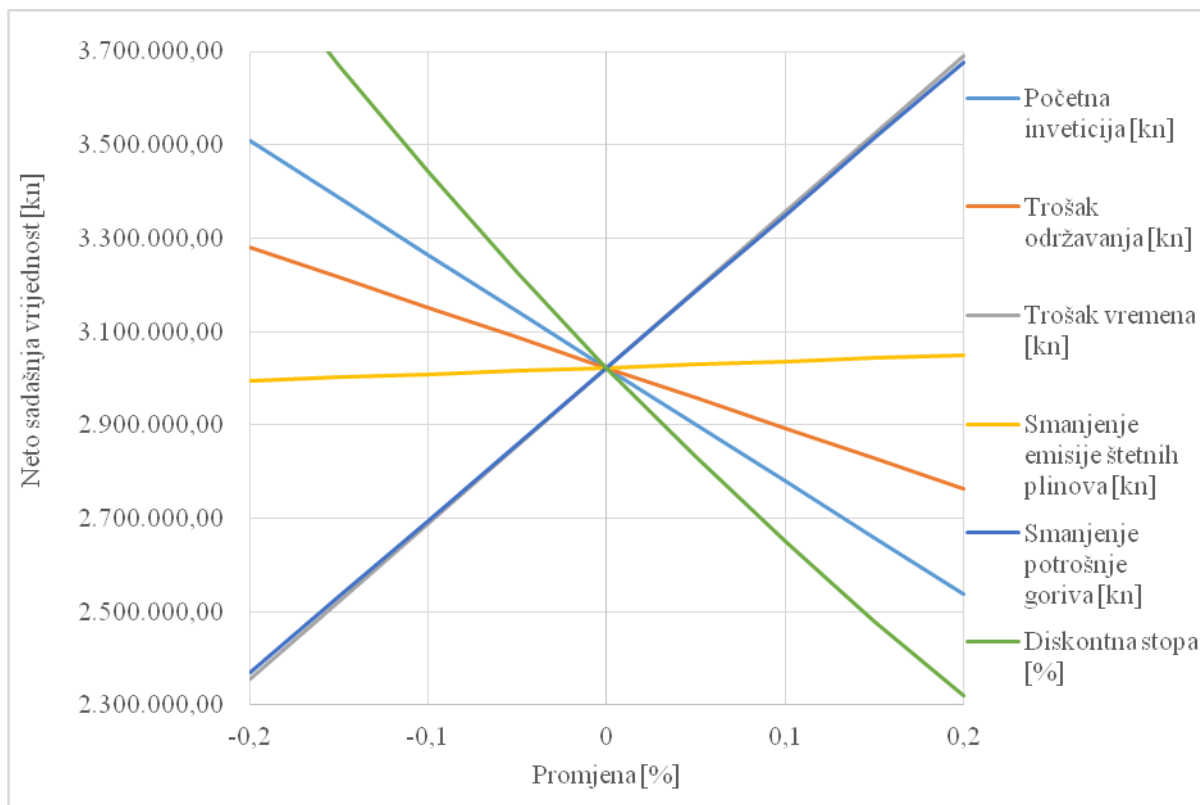
Temeljem definiranih ulaznih vrijednosti troškova i koristi izrađena je analiza troškova i koristi čija je tablica prikazana u prilogu 2.

Prema rezultatima provedene analize troškova i koristi neto sadašnja vrijednost idejnog prometnog rješenja iznosi 3.022.757,57 kn, dok je interna stopa profitabilnosti 21 %. Prognoziranjem dinamike kretanja novčanih vrijednosti troškova i koristi predmetna investicija bi bila isplaćena u petoj godini eksploatacije.

Interpretacijom dobivenih rezultata može se zaključiti da je planirano rješenje kao infrastrukturni projekt vrlo isplativ s obzirom na neto iznos sadašnje vrijednosti te interne stope profitabilnosti koja je za 13% veća od korištene diskontne stope.

Temeljem dobivenih rezultata analize troškova i koristi ne može se s točnošću zaključiti koji su kritički rizici idejnog prometnog rješenja te koja je vjerojatnost pojavljivanja istih, tj. vjerojatnosti neisplativosti projekta. S ciljem ukazivanja na kritičke rizike te boljeg shvaćanja mogućih opasnosti izrađena je analiza osjetljivosti. Radi lakšeg proračuna analize osjetljivosti, korištene su promjene ulaznih varijabli u iznosu od ± 20 %.

¹⁰ Diskontna ili kamatna stopa je stopa kojom središnja banka utječe na ponudu i potražnju za novcem. Temeljem visine ove kamate i drugih, prvenstveno tržišnih uvjeta, formiraju se kamate na tržištu. Diskontna stopa je jedan od instrumenata monetarno – kreditne politike budući da se njezinom manipulacijom utječe na visinu novčanog optjecaja. [20]



Grafikon 20. Analiza osjetljivosti – promjena neto sadašnje vrijednosti

Analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da su kritični rizici smanjenje potrošnje goriva, trošak vremena, početna investicija te diskontna stopa. Iz grafikona 20 vidljivo je da određeni rizici imaju najveći nagib pravca, što ukazuje na veće promjene neto sadašnje vrijednosti za manje promjene vrijednosti istih. U ovom slučaju, trošak vremena i potrošnja goriva ovise o prometnoj potražnji temeljenoj na postojećem stanju.

7. Zaključak

Diplomskim radom predloženo je novo rješenje regulacije prometa na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u Zagrebu koje će biti održivo u budućnosti.

Predloženo rješenje se temelji na istraživanjima koja su provedena ručnim brojanjem prometa, a kao dodatna istraživanja provedena su istraživanja postojećeg stanja prometne infrastrukture dionice i drugih raskrižja koja utječu na propusnu moć dionice.

Nakon analize postojećeg stanja provedena je analiza tehnoloških mogućnosti te su analizirani svjetski primjeri primjene dinamične izmjene usmjerenja prometnih traka.

Za regulaciju prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka u pravilu se koriste promjenjivi prometni znakovi.

U Republici Hrvatskoj nema primijenjenoga tipa regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka u gradskim područjima. Pregledom dostupnih prometnih studija i projekata za gradove utvrđeno je da takva rješenja za gradove još nisu predlagana.

Poseban naglasak stavljen je na regulaciju prometa dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka. Na taj način izbjegnuti su skupi infrastrukturni zahvati te je postignuta isplativost realizacije predloženog rješenja kroz društvenu korist u periodu od pet godina.

Kao ključni prijedlog rješenja navedena je regulacija prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka u tri faze tijekom dana na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak. Uvođenje traka za lijevo skretanje te premještanje tramvajske stanice poslije raskrižja Medveščak (jug - sjever) – Belostenčeve – Medveščak (sjever - jug) ulice. Predložena je zabrana za lijevo skretanje na raskrižju Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice. Također je predložen dodatni prometni trak na raskrižju Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice u smjeru prema središtu grada te postavljanje semafora za pješake u Branjugovoj ulici.

Predloženom regulacijom i organizacijom prometnih tokova povećana je propusna moć dionice i raskrižja. Smanjeni su transportni troškovi i nepovoljan utjecaj prometa na okoliš i zdravlje građana.

Predložena regulacija donijet će pozitivne učinke u organizaciji prometnih tokova. Kao najvažniji pozitivni učinci mogu se navesti smanjenje vremena čekanja tijekom putovanja, smanjenje broja zaustavljanja tijekom putovanja, zaštita okoliša smanjenjem razine buke i emisije ispušnih plinova, racionalizacija troškova pojedinca i društva smanjenjem vremena utrošenog na putovanja i smanjenje potrošnje energije (goriva).

Pri izradi idejnog prometnog rješenja korištena su iskustva i najbolje prakse svjetskih gradova, koja su navedena u trećem poglavlju. Korišten je softverski alat „PTV VISSIM“ i programska podrška za simuliranje postojećeg i idejnog prometnog rješenja dionice Langov trg – Ribnjak – Medveščak.

Važno je naglasiti da bi način regulacije prometa primjenom dinamičke izmjene usmjerenja prometnih traka bio prvo rješenje u Republici Hrvatskoj implementirano na gradskoj mreži. Predloženo rješenje trebalo bi biti medijski popraćeno zbog toga što većina vozača nije upoznata s ovakvim načinom regulacije prometa.

Implementacijom predloženog rješenja optimizirao bi se prometni sustav u analiziranoj zoni i postiglo unaprjeđenje prometnog sustava u gradu Zagrebu.

Literatura

- [1] Dadić, I.; Šoštarić, M.; Brlek, P.: Prometno tehnološko projektiranje, Fakultet prometnih znanosti, Zavod za prometno planiranje, Zagreb, 2012.
- [2] Bošnjak, I.; Badanjak, D.: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2005.
- [3] Krasić, D.; Ščukanec, A.: Planiranje transportnih koridora, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.
- [4] Dadić, I.; Šoštarić, M.; Ševrović, M.: PRIPREMA STUDIJE I PLANA MOBILNOSTI ZA GRAD NOVIGRAD - CITTANOVA U OKVIRU ADRIA.MOVE IT! PROJEKTA, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013.
- [5] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cetama, Ministarstvo pomorstva, mora i infrastrukture, NN br. 105/04
- [6] http://www.prometna-signalizacija.com/vertikalna-signalizacija/promjenjiva_ignalizacija/
- [7] Ščukanec, A.: Prometni znakovi (Vertikalna signalizacija) - autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014. /2015.
- [8] Kodrnja, M.: *Primjena LED tehnologije u signalizaciji, Innotrans Berlin 2014*, PROM, , Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [9] Krvar, D.: *Primjena LED i solarne tehnologije.*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.
- [10] <http://www.prometniportal.com/>, 2013.
- [11] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, Javno preduzeće Putevi Srbije, Beograd, 2012.
- [12] Dobiszewski, F.; Lynn, A.: Traffic Engineering, Institute of Transportation Engineers, str. 447, Washington, DC., 2009.
- [13] <http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei20/session8/acattivera.pdf>.
- [14] <http://www.palgrave-journals.com/jors/journal/v65/n6/pdf/jors201295a.pdf>.
- [15] European Commission: Guide To Cost - Benefit Analysis of Investment Projects, 2008.
- [16] http://www.hnb.hr/statistika/h_ekonomski_indikatori.pdf.
- [17] Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [18] Kodrnja, M.: *Primjena LED tehnologije u signalizaciji, Innotrans Berlin 2014*, PROM, , Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.

[19] Krvar, D.: *Primjena LED i solarne tehnologije*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2009.

[20] <http://www.prometniportal.com/>, 2013.

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Prostorni obuhvat dionice Langov trg - Ribnjak – Medveščak | 3 |
| Slika 2. Mikrolokacija raskrižja Šoštarićeve - Branjugove - Ribnjak ulice | 4 |
| Slika 3. Mikrolokacija raskrižja Degenove - Grškovićeve - Ribnjak - Medveščak ulice | 5 |
| Slika 4. Prikaz tramvajske linije 14 i 8 koja prometuje dionicom Langov trg - Ribnjak – Medveščak..... | 6 |
| Slika 5. Prikaz lokacija brojača prometa i položaj brojačkih mjesta na raskrižjima..... | 8 |
| Slika 6. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 7:00 do 8:00h | 9 |
| Slika 7. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 8:00 do 9:00h | 9 |
| Slika 8. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 15:00 do 16:00h | 10 |
| Slika 9. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Šoštarićeve – Branjugove – Ribnjak ulice (Langov trg) u vremenu od 16:00 do 17:00h | 10 |
| Slika 10. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 7:00 do 8:00h..... | 11 |
| Slika 11. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 8:00 do 9:00h..... | 12 |
| Slika 12. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 15:00 do 16:00h..... | 12 |
| Slika 13. Grafički prikaz prometnih tokova kroz karakteristično raskrižje Degenove – Grškovićeve – Ribnjak – Medveščak ulice u vremenu od 16:00 do 17:00h..... | 13 |
| Slika 14. Primjer promjenjivih prometnih znakova u LED tehnologiji | 19 |
| Slika 15. Connecticut Avenue NW | 20 |
| Slika 16. Peace bridge most | 21 |
| Slika 17. Lewinston-Queenston most..... | 21 |
| Slika 18. Ulica Park avenue | 22 |
| Slika 19. General Holmes..... | 23 |
| Slika 20. Ulica Johnston , Melbourne, Victoria, Australija | 23 |
| Slika 21. Ulica Queen's, Melbourne, Victoria..... | 24 |
| Slika 22. Tunel Anton Anderson, Aljaska..... | 24 |
| Slika 23. U.S. Highway 27, Lexington | 25 |
| Slika 24. Ulica Bardstown, Louisville | 25 |
| Slika 25. Ulica Colesville, Silver Spring..... | 26 |
| Slika 26. Autocesta A38, Birmingham, Engleska (Aston expressway) | 26 |
| Slika 27. Golden Gate most, San Francisco, SAD | 27 |
| Slika 28. Promjenjivi prometni znakovi..... | 28 |
| Slika 29. Shematski prikaz promjenjivih prometnih znakova s dopuštenim kretanjem vozila na dva prometna traka | 31 |
| Slika 30. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u smjeru centra grada - jutarnji period | 31 |
| Slika 31. Shematski prikaz promjenjivih prometnih znakova s dopuštenim kretanjem na jednom prometnom traku | 32 |

| | |
|---|----|
| Slika 32. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u smjeru centra grada - poslijepodnevni period | 32 |
| Slika 33. Shematski prikaz promjenjivih prometnih znakova – period uklanjanja (zaštitno vrijeme) | 33 |
| Slika 34. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak u smjeru centra grada - period uklanjanja (zaštitno vrijeme)..... | 33 |
| Slika 35. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera centra grada - period uklanjanja (zaštitno vrijeme)..... | 34 |
| Slika 36. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera centra grada - poslijepodnevni period | 34 |
| Slika 37. Pozicija promjenjivih prometnih znakova na dionici Langov trg – Ribnjak – Medveščak iz smjera centra grada - jutarnji period | 35 |
| Slika 38. Shematski prikaz dinamičkih traka u smjeru prema centru grada | 35 |
| Slika 39. Shematski prikaz dinamičkih traka u smjeru iz centra grada..... | 36 |
| Slika 40. Skica lokacija postavljanja vertikalne promjenjive prometne signalizacije te mjesto početka regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka | 38 |
| Slika 41. Idejno prometno rješenje raskrižja Šoštarićeve – Ribnjak – Branjugove ulice | 39 |
| Slika 42. Idejno prometno rješenje raskrižja Degenove –Branjugove – Ribnjak – Medveščak | 40 |
| Slika 43. Dugoročno idejno prometno rješenje za vođenje lijevih skretača iz smjera centra grada | 41 |
| Slika 44. Idejno prometno rješenja raskrižja Medveščak ulice (sjever – jug) – Belostenčeve ulice – Medveščak ulice (jug - sjever)..... | 42 |
| Slika 45. Skica dvosmjerne ulice Nove Ves | 43 |
| Slika 46. Emisije ispušnog plina CO ₂ u ovisnosti o brzini..... | 58 |
| Slika 47. Potrošnja goriva u ovisnosti o brzini..... | 59 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 1. Koeficijenti određenih kategorija za preračun vozila u ekvivalentne jedinice putničkih automobila..... | 8 |
| Tablica 2. Tablica lokacija i sažetak mjera | 37 |
| Tablica 3. Prikaz troškova i koristi predmetnog rješenja | 61 |
| Tablica 4. Vrijednosti ulaznih varijabli analize troškova i koristi | 62 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Usporedba prometnih opterećenja (jutarnji sat)..... | 14 |
| Grafikon 2. Usporedba prometnih opterećenja (poslijepodnevni sat)..... | 15 |
| Grafikon 3. Usporedba prosječnog vremena putovanja po vozilu postojećeg stanja i predloženog idejnog rješenja dionice u jutarnjem periodu | 45 |
| Grafikon 4. Usporedba prosječne brzine prometnog toka postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja dionice u jutarnjem periodu..... | 46 |
| Grafikon 5. Usporedba prosječne duljine repa čekanja na sjevernim privozima raskrižja u jutarnjem periodu | 47 |
| Grafikon 6. Usporedba prosječnog vremena kašnjenja po vozilu na sjevernim privozima raskrižja u jutarnjem periodu..... | 48 |
| Grafikon 7. Usporedba razine usluge raskrižja postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja | 48 |
| Grafikon 8. Usporedba prosječnog vremena putovanja postojećeg stanja i predloženog idejnog rješenja dionice u poslijepodnevnom periodu | 50 |
| Grafikon 9. Usporedba prosječne brzine prometnog toka postojećeg stanja i idejnog prometnog rješenja dionice u poslijepodnevnom periodu..... | 50 |
| Grafikon 10. Usporedba prosječne duljine repa čekanja na južnim privozima raskrižja u poslijepodnevnom periodu | 51 |
| Grafikon 11. Usporedba prosječnog vremena kašnjenja po vozilu na južnim privozima raskrižja u poslijepodnevnom periodu | 51 |
| Grafikon 12. Razina usluge na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu – postojeće stanje .. | 52 |
| Grafikon 13. Razina usluge na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu – idejno prometno rješenje | 53 |
| Grafikon 14. Usporedba emisije ispušnog plina CO ₂ na raskrižjima u jutarnjem periodu..... | 55 |
| Grafikon 15. Usporedba emisije ispušnog plina NO _x na raskrižjima u jutarnjem periodu | 55 |
| Grafikon 16. Usporedba potrošnje goriva na raskrižjima u jutarnjem periodu..... | 56 |
| Grafikon 17. Usporedba emisije ispušnog plina CO ₂ na raskrižjima u jutarnjem periodu | 56 |
| Grafikon 18. Usporedba emisije ispušnog plina NO _x na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu..... | 57 |
| Grafikon 19. Usporedba potrošnje goriva na raskrižjima u poslijepodnevnom periodu..... | 57 |
| Grafikon 20. Analiza osjetljivosti – promjena neto sadšnje vrijednosti | 63 |

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Tlocrt dionice Langov trg – Ribnjak - Medveščak

Prilog 2. Prikaz analize troškova i koristi

Prilog 3. Prikaz rezultata analize osjetljivosti



Uvođenje traka za lijevo skretanje

Izmještanje tramvajske stanice - nova lokacija

Uvođenje zabrane lijevog skretanje iz Ribnjak u Degenovu ulicu

- tijekom jutarnjeg perioda dva prometna traka su usmjerena prema centru grada (sjever-jug),
 - tijekom poslijepodnevog perioda dva prometna traka su usmjerena iz smjera centra grada (jug-sjever).
 Srednji trak predmetne dionice predstavlja dinamičan prometni trak dok su rubni trakovi fiksni (statični).
 Ovisno o prometnim zahtjevima sva tri traka mogu biti dinamična.

Lokacija postavljanja vertikalne promjenjive prometne signalizacije te mjesto početka regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka

Lokacija postavljanja vertikalne promjenjive prometne signalizacije te mjesto početka regulacije prometa s dinamičkom izmjenom usmjerenja prometnih traka

Rekonstrukcija Lqangovog trga - uvođenje dodatnog prometnog traka prema centru grada

Lokacija postavljanja semaforskog uređaja za pješake u Branjugovoj ulici

| | | | |
|--|---------|-------------------|----------------|
| DIPLOMSKI RAD | | | |
| Akademski godina: | 2014/15 | Mjerilo: 1 : 1500 | Prilog broj: 1 |
| Tlocrt dionice Langov trg - Ribnjak - Medveščak | | | |
| Ime i prezime: | | Mladenka Čosić | |

Prilog 3. Prikaz rezultata analize osjetljivosti

| Ime varijable | Promjena [%] | NPV [kn] |
|--|--------------|-------------|
| Početna investicija [kn] | -20,00% | 3507942,76 |
| Početna investicija [kn] | -15,00% | 3386646,463 |
| Početna investicija [kn] | -10,00% | 3265350,167 |
| Početna investicija [kn] | -5,00% | 3144053,871 |
| Početna investicija [kn] | 0,00% | 3022757,575 |
| Početna investicija [kn] | 5,00% | 2901461,278 |
| Početna investicija [kn] | 10,00% | 2780164,982 |
| Početna investicija [kn] | 15,00% | 2658868,686 |
| Početna investicija [kn] | 20,00% | 2537572,389 |
| Trošak održavanja [kn] | -20,00% | 3281719,738 |
| Trošak održavanja [kn] | -15,00% | 3216979,197 |
| Trošak održavanja [kn] | -10,00% | 3152238,656 |
| Trošak održavanja [kn] | -5,00% | 3087498,115 |
| Trošak održavanja [kn] | 0,00% | 3022757,575 |
| Trošak održavanja [kn] | 5,00% | 2958017,034 |
| Trošak održavanja [kn] | 10,00% | 2893276,493 |
| Trošak održavanja [kn] | 15,00% | 2828535,952 |
| Trošak održavanja [kn] | 20,00% | 2763795,411 |
| Trošak vremena [kn] | -20,00% | 2355607,391 |
| Trošak vremena [kn] | -15,00% | 2522394,946 |
| Trošak vremena [kn] | -10,00% | 2689182,502 |
| Trošak vremena [kn] | -5,00% | 2855970,058 |
| Trošak vremena [kn] | 0,00% | 3022757,613 |
| Trošak vremena [kn] | 5,00% | 3189545,169 |
| Trošak vremena [kn] | 10,00% | 3356332,724 |
| Trošak vremena [kn] | 15,00% | 3523120,28 |
| Trošak vremena [kn] | 20,00% | 3689907,836 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | -20,00% | 2994936,594 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | -15,00% | 3001891,839 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | -10,00% | 3008847,084 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | -5,00% | 3015802,33 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | 0,00% | 3022757,575 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | 5,00% | 3029712,82 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | 10,00% | 3036668,065 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | 15,00% | 3043623,311 |
| Smanjenje emisije štetnih plinova [kn] | 20,00% | 3050578,556 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | -20,00% | 2369029,957 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | -15,00% | 2532461,876 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | -10,00% | 2695893,796 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | -5,00% | 2859325,716 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | 0,00% | 3022757,636 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | 5,00% | 3186189,556 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | 10,00% | 3349621,476 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | 15,00% | 3513053,396 |
| Smanjenje potrošnje goriva [kn] | 20,00% | 3676485,316 |
| Diskontna stopa [%] | -20,00% | 3916232,118 |
| Diskontna stopa [%] | -15,00% | 3671890,367 |
| Diskontna stopa [%] | -10,00% | 3442212,086 |
| Diskontna stopa [%] | -5,00% | 3226154,307 |
| Diskontna stopa [%] | 0,00% | 3022757,663 |
| Diskontna stopa [%] | 5,00% | 2831139,077 |
| Diskontna stopa [%] | 10,00% | 2650485,148 |
| Diskontna stopa [%] | 15,00% | 2480046,14 |
| Diskontna stopa [%] | 20,00% | 2319130,532 |



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

METAPODACI

Naslov rada: Prijedlog regulacije prometa na dionici Langov trg - Ribnjak - Medveščak
u gradu Zagrebu

Autor: Mladenka Ćosić

Mentor: dr. sc. Marko Šoštarić

Naslov na drugom jeziku (engleski):

Preliminary Solution for Traffic Regulation on Lang Square - Ribnjak Street - Medveščak Street
Corridor in the City of Zagreb

Povjerenstvo za obranu:

- prof. dr. sc. Sadko Mandžuka, predsjednik
- dr. sc. Marko Šoštarić, mentor
- dr.sc. Marko Ševrović, član
- prof. dr. sc. Grgo Luburić, zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za prometno planiranje

Vrsta studija: diplomski

Naziv studijskog programa: Promet

Stupanj: drugi

Akademski naziv: univ. bacc. ing. traff.

Datum obrane diplomskog rada: 1. rujan 2015.



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 **"Prijedlog regulacije prometa na dionici Langov trg - Ribnjak -**

Medveščak u gradu Zagrebu"

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

Student/ica:

U Zagrebu, 9.7.2015 _____

(potpis)