

# Višekriterijska analiza varijanata projekata rekonstrukcije dionice Optujske ulice u gradu Varaždinu

---

**Košutar, Robert**

**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:119:608021>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**



**Robert Košutar**

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA PROJEKTA  
REKONSTRUKCIJE DIONICE OPTUJSKE ULICE U GRADU  
VARAŽDINU**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2015.**



Sveučilište u Zagrebu  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb  
DIPLOMSKI STUDIJ

Diplomski studij: Promet  
Zavod: Zavod za cestovni promet  
Predmet: Vrednovanje cestovnih projekata

## ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

Pristupnik: Robert Košutar  
Matični broj: 0135217043  
Smjer: Cestovni promet

### ZADATAK:

Višekriterijska analiza varijanata projekta rekonstrukcije dionice Optujske ulice u gradu  
Varaždinu

### ENGLESKI NAZIV ZADATKA:

Multi Criteria Decision Making of Project Reconstructing on the Route of Optujska Street in  
the City of Varaždin

### Opis zadatka:

Istraživanje treba obuhvatiti detaljnu analizu postojećeg stanja dionice Optujske ulice od raskrižja s obilaznicom grada Varaždina do ulice Antuna Augustinčića. Na temelju analize postojećeg stanja potrebno je predložiti varijante projekta rekonstrukcije predmetne dionice. Za predložene varijante potrebno je izraditi SWOT analizu, a zatim varijante vrednovati višekriterijskom analizom primjenom AHP metode. U tu svrhu potrebno je definirati relevantne kriterije i potkriterije. Za vrednovanje varijanata AHP metodom predlaže se primjena programskog alata Expert Choice koji se predlaže i za izradu analize osjetljivosti nakon izabrane optimalne varijante. Zaključno, autor treba dati svoj osvrt na izabrano optimalno rješenje dobiveno temeljem rezultata višekriterijske analize te predložiti izvor financiranja investicije.

Zadatak uručen pristupniku:  
15. travnja 2015.

Nadzorni nastavnik:

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

---

Djelovođa:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti



**DIPLOMSKI RAD**

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA PROJEKTA  
REKONSTRUKCIJE DIONICE OPTUJSKE ULICE U GRADU  
VARAŽDINU**

**MULTI CRITERIA DECISION MAKING OF PROJECT  
RECONSTRUCTING ON THE ROUTE OF OPTUJSKA  
STREET IN THE CITY OF VARAŽDIN**

Mentor:

doc. dr. sc. Danijela Barić

Student:

Robert Košutar

0135217043

Zagreb, 2015.

---

## SAŽETAK

Diplomski rad obuhvaća detaljnu analizu postojećeg stanja dionice Optujske ulice u gradu Varaždinu. Na temelju analize postojećeg stanja predložene su dvije nove varijante projekta rekonstrukcije predmetne dionice. Za predložene varijante izrađena je SWOT analiza, a zatim su varijante vrednovane višekriterijskom analizom primjenom AHP metode. U tu svrhu izrađena je i analiza osjetljivosti. Za vrednovanje varijanata primjenom AHP metode korišten je programski alat Expert Choice. U zaključnom dijelu dan je osvrt na izbor optimalnog rješenja dobivenog temeljem rezultata višekriterijske analize te predložen model financiranja.

**KLJUČNE RIJEČI:** Analitički hijerarhijski proces, SWOT analiza, modeliranje, turbo-kružno raskrižje

---

## SUMMARY

Master thesis includes a detailed analysis of the current situation of Optujska Street in the City of Varaždin. Based on an analysis of the current situation of the proposed two new variants of the reconstruction. In the proposed options was made SWOT analysis, and then the variants evaluated multi-criteria analysis using the AHP method. For this purpose is made sensitivity analysis. For evaluation of variants using the AHP method was used software tool Expert Choice. The final section presents a summary of the selection of the optimal solutions obtained on the basis of the results of multi-criteria analysis and proposed funding model.

**KEY WORDS:** Analytic Hierarchy Process, SWOT analyze, Modeling, Turbo-roundabout

---

## SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA.....	2
2.1. Analiza geoprometnog položaja .....	3
2.2. Analiza postojećih prometnih tokova .....	5
2.2.1. Neprekidno automatsko brojanje prometa .....	5
2.2.2. Ručno brojanje prometa .....	7
2.3. Analiza postojeće regulacije i organizacije prometa .....	14
2.4. Analiza sigurnosti odvijanja prometa .....	16
2.4.1. Analiza konfliktnih točaka .....	16
2.4.2. Analiza prometnih nesreća .....	17
2.4.3. EuroRAP .....	18
3. DEFINIRANJE VARIJANATA RJEŠENJA .....	21
3.1. Osnovne značajke turbo-kružnog raskrižja .....	21
3.2. Varijanta 1 .....	24
3.3. Varijanta 2 .....	28
4. SWOT ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANATA.....	31
5. VREDNOVANJE VARIJANATA PRIMJENOM AHP METODE .....	33
5.1. Višeciljno odlučivanje .....	33
5.2. Višeatributivno odlučivanje.....	34
5.3. Metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) .....	34
5.3.1. Definiranje hijerarhijske strukture.....	35
5.3.2. Rangiranje kriterija.....	37
5.3.3. Rangiranje potkriterija.....	39
5.3.4. Rangiranje varijanti .....	43
6. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI .....	53
6.1. Izbor Optimalne varijante.....	53
6.2. Analiza osjetljivost .....	54
6.3. Prijedlog izvora financiranja .....	55
7. ZAKLJUČAK .....	57
LITERATURA.....	58
Popis slika .....	59

Popis tablica .....	60
Popis grafikona.....	61
Popis priloga:.....	61

# 1. UVOD

Grad Varaždin nalazi se na sjeveru Hrvatske što ga čini važnim prometnim čvorištem s visokim udjelom tranzitnog prometa. Javni prijevoz u Varaždinskoj županiji svojom kvalitetom i cijenom usluga nije konkurentan osobnom prijevozu, stoga se značajan dio prometa ostvaruje iz okolnih mjesta prema industrijskim zonama u Varaždinu i obrnuto vlastitim prijevoznim sredstvima.

Osnovni cilj ovog diplomskog rada je predložiti nove varijante prometnog rješenja dionice Optujske ulice u gradu Varaždinu te višekriterijskom analizom utvrditi optimalnu varijantu.

Nakon uvodnog poglavlja napravljena je analiza postojećeg stanja koja je obuhvatila analizu geoprometnog položaja, analizu postojećih prometnih tokova, analizu postojeće regulacije i organizacije prometa i analizu sigurnosti odvijanja prometa. Za potrebe analize postojećeg stanja izvršeno je brojanje prometa u jutarnjem i popodnevnom vršnom satu. Za analizu sigurnosti odvijanja prometa zatraženi su statistički podaci o broju nesreća od nadležne policijske postaje (MUP Varaždin).

U trećem poglavlju definirana su nova varijanta rješenja. U ovom poglavlju korišteni su softverski alati kao što su AutoCAD i PTV Vissim simulacijski alat.

U četvrtom poglavlju napravljena je SWOT analiza predloženih varijantnih rješenja.

Peto poglavlje opisuje metodologiju vrednovanja varijanata rješenja primjenom AHP metode. Definirana je hijerarhijska struktura, vrednovani su kriteriji i potkriteriji za odabir optimalnog rješenja rekonstrukcije.

U šestom poglavlju odabrano je optimalno rješenje primjenom AHP metode u softverskom alatu EXPERT Choice i napravljena je analiza osjetljivosti.

U sedmom poglavlju iznesena su zaključna razmatranja uz prijedlog izvora financiranja optimalnog projekta rekonstrukcije.



## 2. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analiza postojećeg stanja odnosi se na dio Optujske ulice od križanja sa zapadnom gradskom obilaznicom do križanja sa ulicom Antuna Augustinčića. Taj dio je industrijsko područje sa tendencijom rasta u budućnosti.

Izvorišno odredišna putovanja na tom dijelu dionice generiraju trgovački centri kao što su Supernova, Toyota autosalon, Horvat-univerzal, Pevec, Autosalon Knez, Plodine, Branka, Autocentar Honda, Hrvatska elektroprivreda, Hidroing, Tehnobeton, Stanica za tehnički pregled vozila, restoran Santa Maria, Hrvatski telekom, MDV Sloveniales i ostali.

Analizom postojećeg stanja obuhvaćena je:

1. Analiza geoprometnog položaja
2. Analiza postojećih prometnih tokova
3. Analiza postojeće regulacije i organizacije prometa
4. Analiza sigurnosti odvijanja prometa

## 2.1. Analiza geoprometnog položaja

Grad Varaždin nalazi se na sjeveru Republike Hrvatske što ga čini važnim prometnim čvorištem sa visokim udjelom tranzitnog prometa. Tranzitni promet odvija se iz smjera Slovenije i Mađarske kroz Varaždin prema Jadranu, Zagrebu te Slavoniji i obrnuto.

Grad Varaždin dio je europskog mediteranskog koridora (Slika 1.).



Slika 1. Europski TEN-T koridori

Izvor: [http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/news/ten-t-corridors\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/news/ten-t-corridors_en.htm)

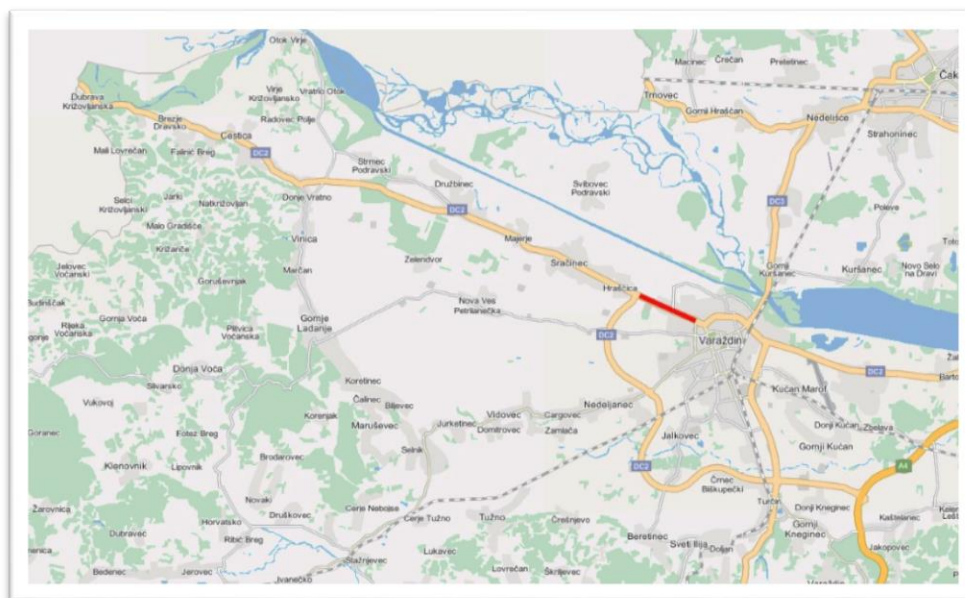
Tranzitni promet na sjeverozapadnom prilazu grada generira se na graničnom prijelazu Dubrava Križovljanska i u manjoj mjeri na graničnom prijelazu Ormož. Na toj dionici državne ceste D2 nalazi se preko 10 naselja (Slika 2.).

S jugoistočne strane grada nalazi se priključak na autocestu A4 koja se proteže od graničnog prijelaza Goričan do naplatne postaje Sveta Helena kod Zagreba.

Optujska ulica jedini je ulaz u grad Varaždin sa sjeverozapadne strane (Slika 2.).

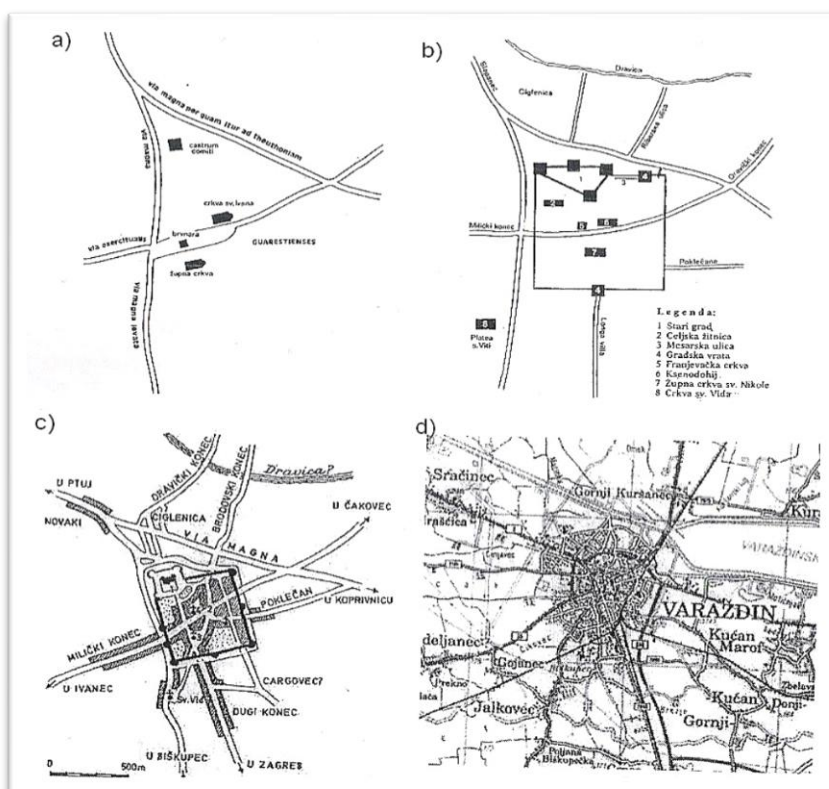
Grad Varaždin ima 50.000 stanovnika, a sa okolnim mjestima oko 100.000 stanovnika.

Na slici 2. crvenom bojom označeno je dionica obuhvata.



Slika 2. Grad Varaždin sa širom okolicom

Ulična mreža prometnica u centru grada je naslijeđena, što je značajka gradova s dalekom prošlošću (Slika 3.a, b, c). Širenjem grada u 20. i 21. stoljeću ulična mreža postaje radijalno-koncentrična (Slika 3.d).



Slika 3. a) situacijski položaj glavnih cesta u Varaždinu u 12.stoljeću, b) situacijski položaj glavnih cesta u Varaždinu u 15. stoljeću, c) situacijski položaj glavnih cesta u Varaždinu krajem srednjeg vijeka, d) današnji izgled Varaždina

Izvor: Dadić I.: *Teorija i organizacija prometnih tokova*, Zagreb, 2007.

## **2.2. Analiza postojećih prometnih tokova**

Postoje dnevni prometni tokovi lokalnog stanovništva iz okolnih mjesta prema gradu Varaždinu i obrnuto. Lokalna putovanja na državnoj cesti D2 obavljaju se u svrhu odlaska i dolaska na posao, fakultet, trgovačke centre i ostalo. Varaždinska županija sufinancira prijevoz učenika osnovnih i srednjih škola javnim gradski prijevozom, koji u sjeverozapadnom djelu grada djeluje samo kao autobusni prijevoz.

Tranzitni prometni tok iz Slovenije pojavljuje se na Graničnom prijelazu Dubrava Križovljanska i GP Ormož. Tranzitni promet prema Zagrebu preusmjerava se na sjeverozapadnu obilaznicu grada čime se taj prometni tok obilazi analizirano područje. Dio tranzitnog prometa koji putuje prema Međimurju, Ludbregu, Koprivnici ili Slavoniji prolazi kroz naše analizirano područje, te nastavlja kroz grad Varaždin.

Za detaljniju analizu prometnih tokova izvršeno je brojanje prometa na dva načina:

1. Neprekidno automatsko brojanje prometa
2. Ručno brojanje prometa

Brojanje prometa predstavlja jedan od glavnih ulaznih podataka pri prometnom planiranju i projektiranju. Podaci dobiveni brojanjem prometa predstavljaju stvarnu trenutačnu sliku dinamike prometnih tokova. Ti podaci sastoje se od informacija kao što su: prometna opterećenja, struktura prometnog toka, brzina kretanja vozila u prometnom toku, razmak između vozila u prometnom toku, smjerovi kretanja vozila u cestovnoj mreži, vršna opterećenja u određenim vremenskim rasponima i sl. [1].

### **2.2.1. Neprekidno automatsko brojanje prometa**

Hrvatske ceste provode neprekidno automatsko brojanje prometa, ti podaci dostupni su na njihovim stranicama<sup>1</sup>. Neprekidnim automatskim brojačima prometa (1203<sup>2</sup>) utvrđeno je da

---

<sup>1</sup> <http://www.hrvatske-ceste.hr/default.aspx?id=46>, posjećeno 28.7.2015.

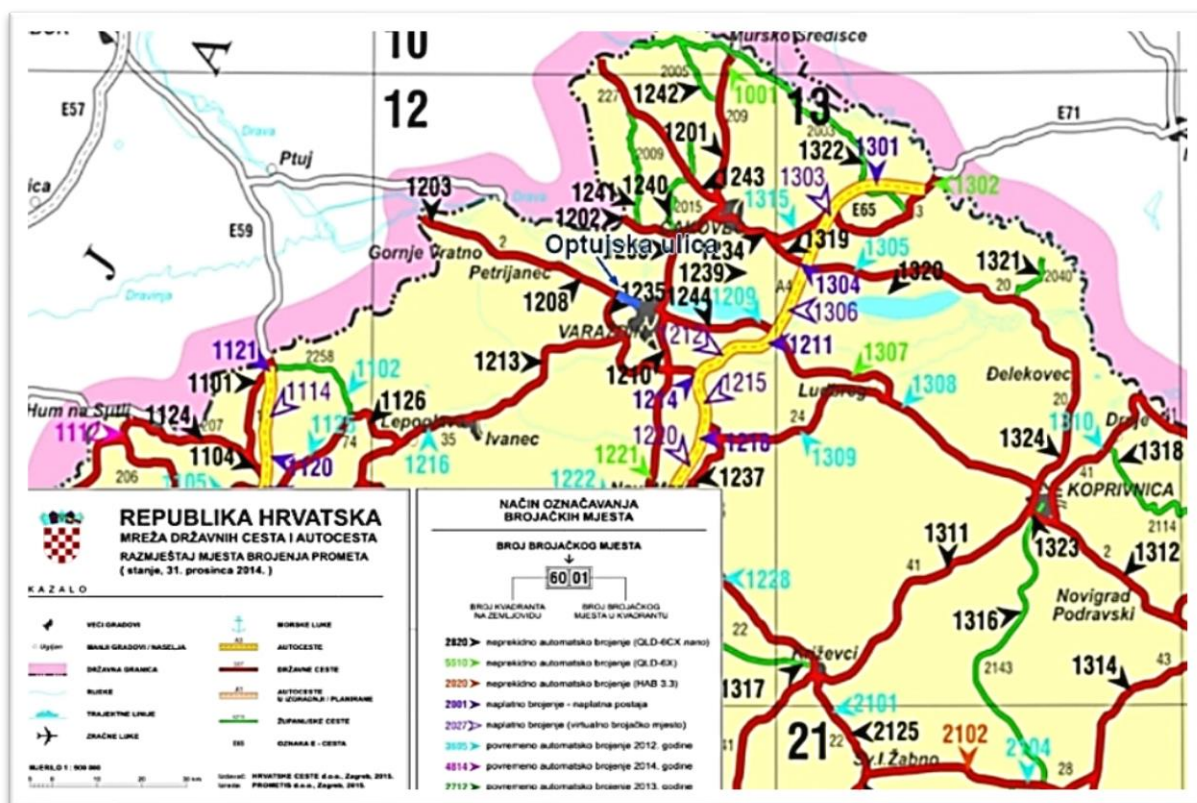
<sup>2</sup> 1203 - oznaka Hrvatskih cesta za određeni neprekidni automatski brojač

GP<sup>3</sup> Dubrava Križovljanska ima 2.480 PGDP<sup>4</sup>. Brojačem (1208<sup>5</sup>) u Majerju utvrđen je PGDP od 7.664 vozila. Pretpostavkom da su sve vožnje generirane na GP Dubravi Križovljanski tranzitne, dobiven je postotak od 32,36% tranzitnih vožnji u ukupnom broju putovanja.

Neprekidni automatski brojač u Hrašćici na obilaznici grada Varaždina iznosi 3329 PGDP-a. Sljedeći brojač prometa nalazi se tek u Trnovcu i iznosi 7867 PGDP. Takvim pozicijama brojača ne dobivamo PGDP za naše analizirano područje. Pozicije automatskih neprekinutih brojača vidljive su na slici 4.

Slika 5. prikazuje PGDP na dionicama gdje se nalaze automatski brojači prometa.

Prema tim podacima ne možemo utvrditi koliki je promet na analiziranom području te je prema potrebi izvršeno ručno brojanje prometa snimanjem.

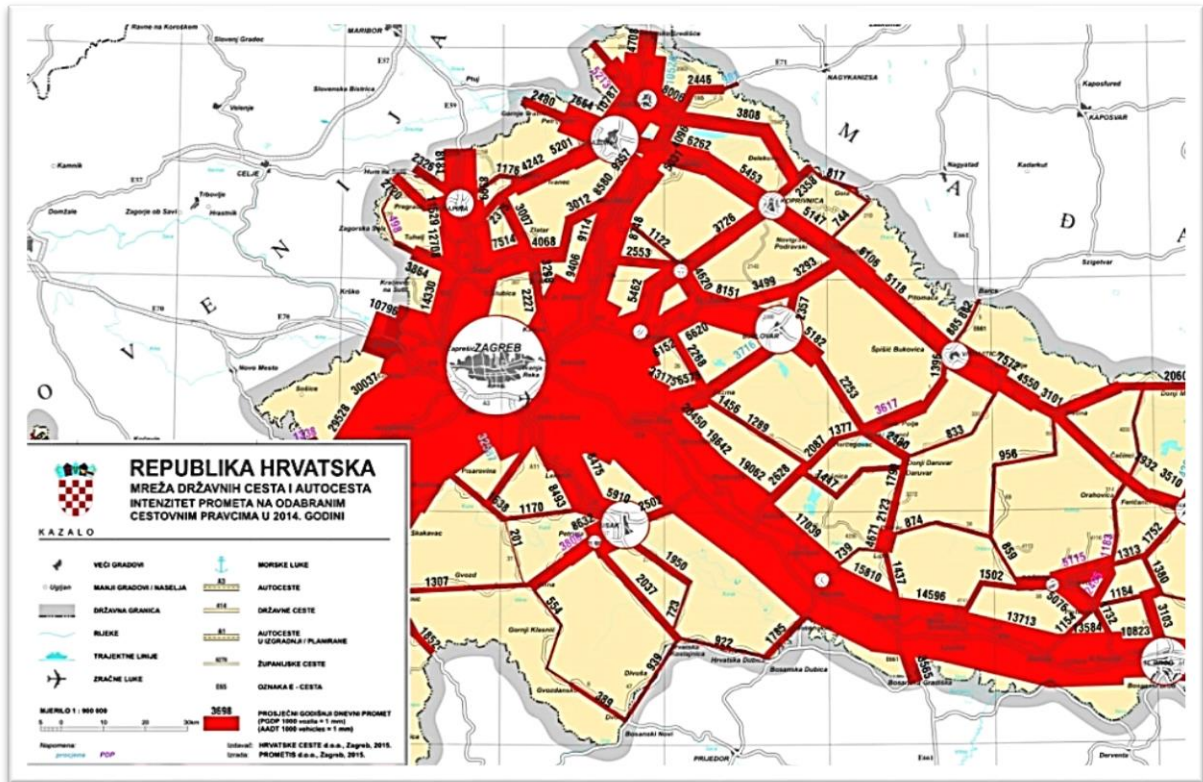


Slika 4. Prikaz pozicija automatskih brojača prometa

Izvor: <http://www.hrvatske-ceste.hr/default.aspx?id=46>

<sup>3</sup> GP – Granični prijelaz

<sup>4</sup> PGDP – Prosječni godišnji dnevni promet



Slika 5. Intenzitet prometa na određenim cestovnim pravicima  
 Izvor: <http://www.hrvatske-ceste.hr/default.aspx?id=46>

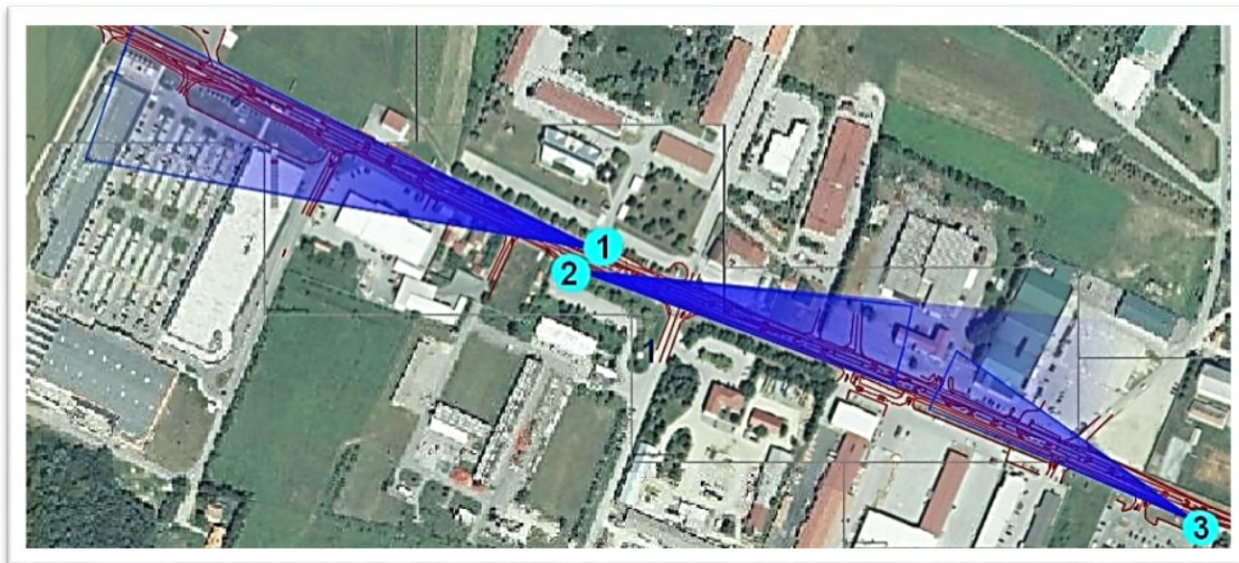
### 2.2.2. Ručno brojanje prometa

Brojanje prometa izvršeno je snimanjem sa tri pozicije uređajima Sony Xperia z. Snimano je u rezoluciji 1280 \* 720 piksela što je dovoljna rezolucija za naknadnu obradu snimki.

Snimano je sat vremena prema očekivanju vršnog sata od 7:00 do 8:00 sati i u popodnevnom vršnom satu od 16:00 od 17:00 sati.

Snimanja sa sve tri pozicije vršila su se istovremeno. Snimanje je izvršeno 29. svibnja 2015. godine. Dan snimanja je četvrtak. Datum i dan snimanja predstavlja ustaljen promet na tom dijelu Optujske ulice i reprezentativan je za ostatak godine.

Pozicije postavljanja kamera odabrane su tako da se na snimkama vide sva analizirana raskrižja na dionici Optujske ulice. Slika 6. prikazuje pozicije snimanja kamera i slika 7. obuhvat svake kamere.

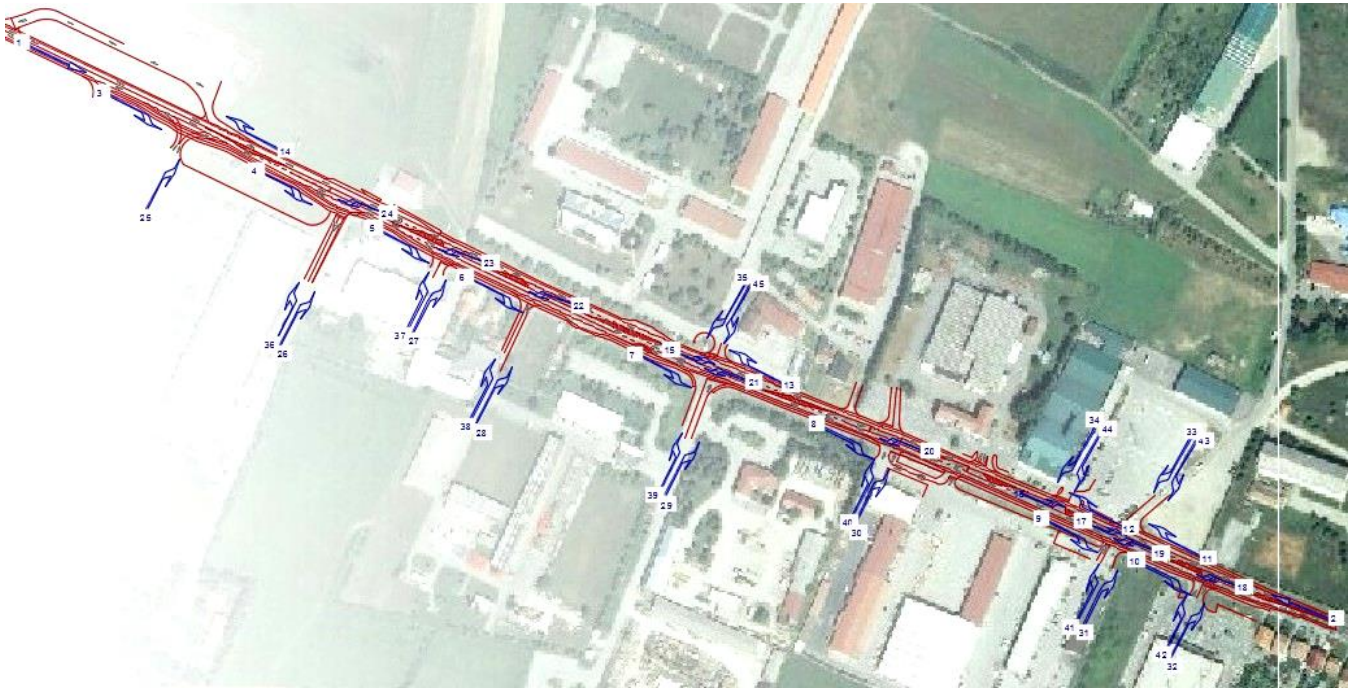


Slika 6. Pozicije i obuhvat snimanja prometa



Slika 7. Obuhvat kamera sa pozicija 1, 2, 3

Smjerovi kretanja prometnih tokova označeni su brojčano prema slici 8.



Slika 8. Brojčane oznake prometnih tokova

Naknadnim brojanjem prometa sa snimke na računalo, napravljena je klasifikacija vozila na: osobna vozila (OA), teška teretna vozila (TT), autobusi (BUS) i motorizirani dvokotači (MOT), što je prikazano u Tablici 1.

Analizom dobivenih podataka brojanja prometa snimanjem u jutarnjem i popodnevnom vršnom satu dolazimo do podataka o strukturi vozila. Postotak teških teretnih vozila iznosi 14%, 5% broj motoriziranih dvokotača, samo jedan autobus je prometovao na liniji, osobna vozila zauzimaju 81% prometnog opterećenja.

U Tablici 1. bojama su grupirane skupine prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu, kao što su kretanje ravno po glavnom smjeru, skretanje u lijevo odnosno desno sa glavnog smjera i skretanje sa sporednog smjera u lijevo ili desno. Glavni smjer najopterećeniji je sa 500 vozila u smjeru prema gradu i 490 vozila iz grada. Prometno opterećenje na glavnom i sporednim pravicima iznosi 2161 vozila/h za jutarnji vršni sat. Za popodnevni vršni sat prometno opterećenje iznosi 2093 vozila/h.

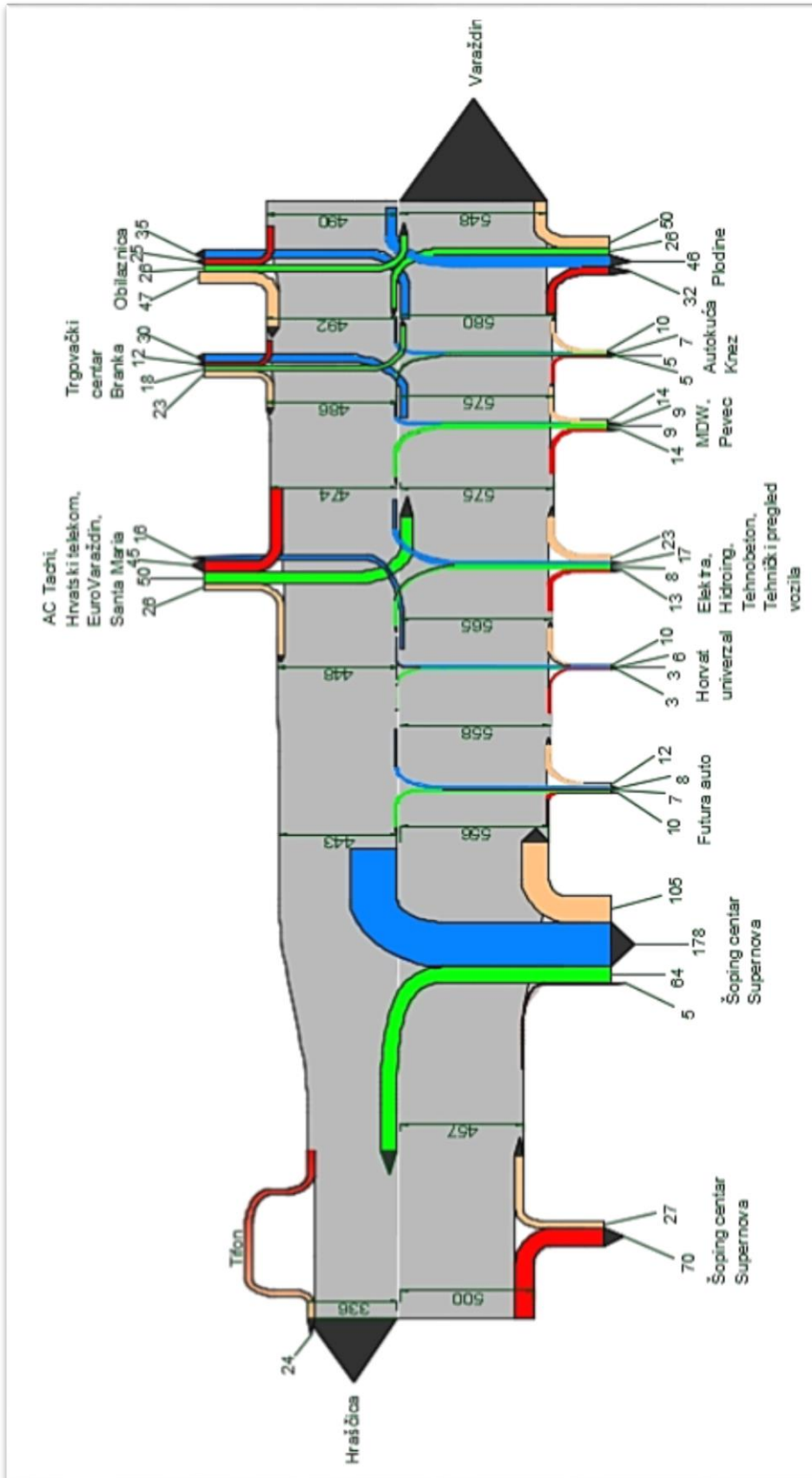
Na temelju podataka iz Tablice 1 i 2. napravljeni je grafički prikazi prometnih tokova na analiziranom području u promatranom vremenu (Slika 9. i Slika 10.).



Grafički prikaz napravljen je u računalnom softverskom programu AutoCAD. Debljina i smjer strelica odgovara smjeru kretanja tokova i opterećenju tih tokova. Različitim bojama su označene skupine prometnih tokova kao što je obojano u Tablici 1. i Tablici 2.

Tablica 1. Podaci o brojanju prometa na analiziranoj dionici u vremenu od 7:00-8:00

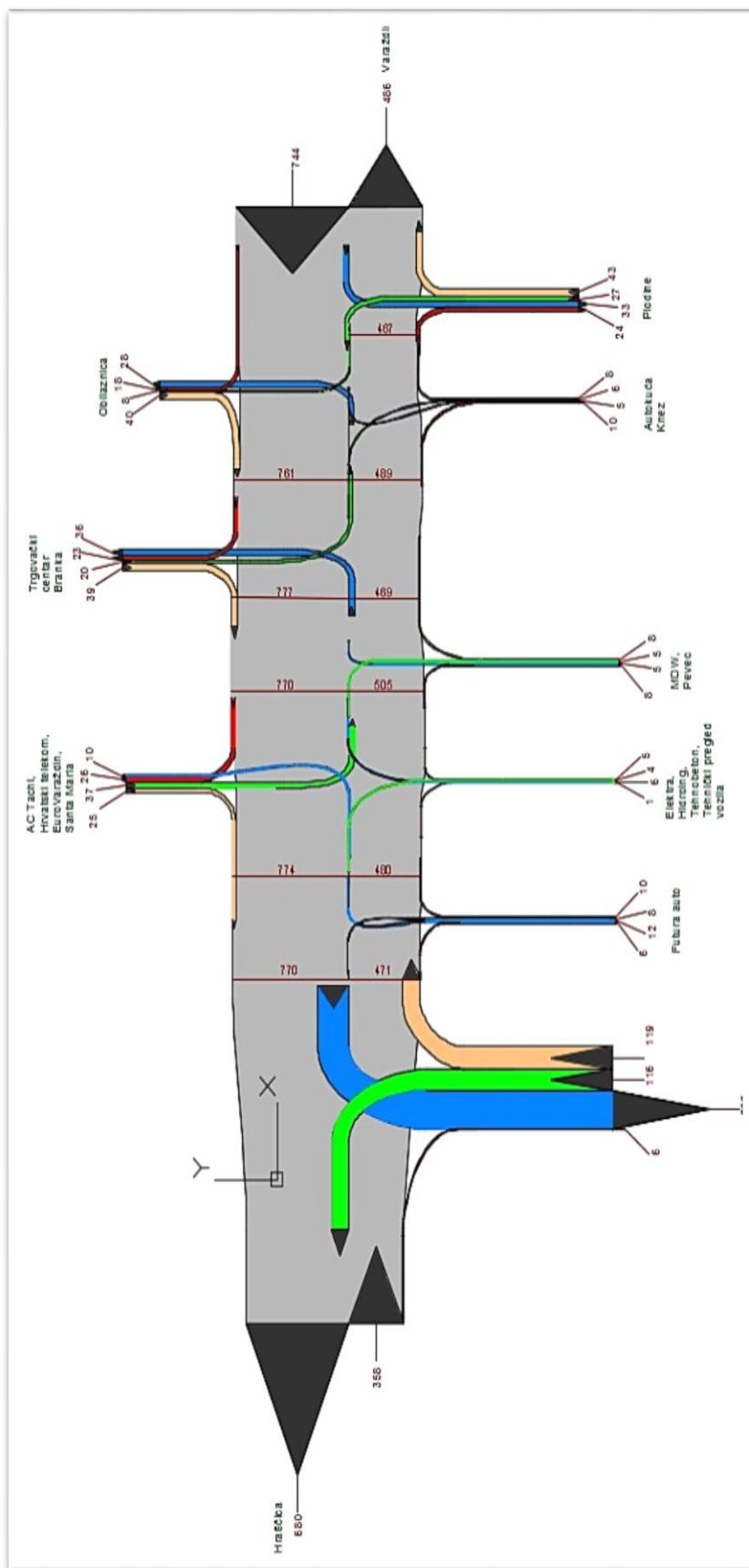
sat	smjer br.	vrsta vozila				ukupno vozila	smjer
		OA	TT	BUS	MOT		
8:00-9:00	1	405	70	1	25	500	ravno, glavni smjer
8:00-9:00	2	396	69	0	25	490	ravno, glavni smjer
8:00-9:00	3	57	10	0	4	70	desno, glavni smjer
8:00-9:00	4	4	1	0	0	5	desno, glavni smjer
8:00-9:00	5	8	1	0	1	10	desno, glavni smjer
8:00-9:00	6	2	0	0	0	3	desno, glavni smjer
8:00-9:00	7	11	2	0	1	13	desno, glavni smjer
8:00-9:00	8	11	2	0	1	14	desno, glavni smjer
8:00-9:00	9	4	1	0	0	5	desno, glavni smjer
8:00-9:00	10	26	4	0	2	32	desno, glavni smjer
8:00-9:00	11	20	4	0	1	25	desno, glavni smjer
8:00-9:00	12	10	2	0	1	12	desno, glavni smjer
8:00-9:00	13	36	6	0	2	45	desno, glavni smjer
8:00-9:00	14	19	3	0	1	24	desno, glavni smjer
8:00-9:00	15	13	2	0	1	16	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	16	24	4	0	2	30	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	17	28	5	0	2	35	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	18	37	6	0	2	46	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	19	4	1	0	0	5	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	20	7	1	0	0	9	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	21	14	2	0	1	17	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	22	5	1	0	0	6	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	23	6	1	0	0	8	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	24	144	25	0	9	178	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	25	22	4	0	1	27	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	26	85	15	0	5	105	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	27	10	2	0	1	12	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	28	8	1	0	1	10	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	29	19	3	0	1	23	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	30	11	2	0	1	14	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	31	8	1	0	1	10	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	32	40	7	0	3	50	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	33	38	7	0	2	47	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	34	19	3	0	1	23	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	35	21	4	0	1	26	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	36	52	9	0	3	64	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	37	6	1	0	0	7	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	38	2	0	0	0	3	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	39	6	1	0	0	8	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	40	7	1	0	0	9	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	41	4	1	0	0	5	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	42	21	4	0	1	26	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	43	21	4	0	1	26	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	44	15	3	0	1	18	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	45	40	7	0	3	50	lijevo, sporedni smjer



Slika 9. Grafički prikaz tokova na analiziranoj dionici u vremenu od 7:00 - 8:00

Tablica 2. Podaci o brojanju prometa na analiziranoj dionici u vremenu od 16:00-17:00

sat	smjer br.	vrsta vozila				ukupno vozila	smjer
		OA	TT	BUS	MOT		
8:00-9:00	1	288	50	0	18	356	ravno, glavni smjer
8:00-9:00	2	602	104	1	37	744	ravno, glavni smjer
8:00-9:00	3	0	0	0	0	0	desno, glavni smjer
8:00-9:00	4	5	1	0	0	6	desno, glavni smjer
8:00-9:00	5	5	1	0	0	6	desno, glavni smjer
8:00-9:00	6	0	0	0	0	0	desno, glavni smjer
8:00-9:00	7	1	0	0	0	1	desno, glavni smjer
8:00-9:00	8	6	1	0	0	8	desno, glavni smjer
8:00-9:00	9	8	1	0	1	10	desno, glavni smjer
8:00-9:00	10	19	3	0	1	24	desno, glavni smjer
8:00-9:00	11	15	3	0	1	18	desno, glavni smjer
8:00-9:00	12	19	3	0	1	23	desno, glavni smjer
8:00-9:00	13	21	4	0	1	26	desno, glavni smjer
8:00-9:00	14	0	0	0	0	0	desno, glavni smjer
8:00-9:00	15	8	1	0	1	10	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	16	29	5	0	2	36	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	17	23	4	0	1	28	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	18	27	5	0	2	33	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	19	4	1	0	0	5	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	20	4	1	0	0	5	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	21	5	1	0	0	6	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	22	0	0	0	0	0	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	23	10	2	0	1	12	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	24	167	29	0	10	206	lijevo, glavni smjer
8:00-9:00	25	0	0	0	0	0	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	26	96	17	0	6	119	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	27	8	1	0	1	10	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	28	0	0	0	0	0	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	29	4	1	0	0	5	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	30	6	1	0	0	8	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	31	6	1	0	0	8	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	32	35	6	0	2	43	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	33	32	6	0	2	40	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	34	32	5	0	2	39	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	35	20	4	0	1	25	desno, sporedni smjer
8:00-9:00	36	94	16	0	6	116	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	37	6	1	0	0	8	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	38	0	0	0	0	0	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	39	5	1	0	0	6	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	40	4	1	0	0	5	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	41	5	1	0	0	6	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	42	22	4	0	1	27	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	43	6	1	0	0	8	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	44	16	3	0	1	20	lijevo, sporedni smjer
8:00-9:00	45	30	5	0	2	37	lijevo, sporedni smjer



Slika 10. Grafički prikaz tokova na analiziranoj dionici u vremenu od 16:00 - 17:00

### 2.3. Analiza postojeće regulacije i organizacije prometa

Regulacija i organizacija prometa na analiziranom području provodi se isključivo prometnim znacima (Prilog 1.). Optujska ulica je glavna te vozila na njoj imaju prednost prolaska pred ostalim vozilima iz sporednih smjerova. Sporednih smjerova ima 17. Promet je dvosmjernan, brzina kretanja ograničena je na 50 km/h.

Širina prometnih takova na glavnom smjeru je 3,25 m. Postoje denivelirane pješačke staze s obje strane kolnika (Prilog 1.). Biciklistička staza u razini je s prometnim trakom, odvojena od prometnog traka s bijelom punom linijom. Preko sporednih privoza iscertani su pješački i biciklistički prijelazi. Preko glavnog smjera nema pješačkih ni biciklističkih prijelaza.

Uključivanje u promet sa sporednih privoza dozvoljen je u oba smjera. Problematično je uključivanje vozila sa sporednih privoza na glavni prometni tok u lijevo. Velika količina prometa u vršnim satima na glavnom smjeru uzrokuju velika čekanja na uključivanje sa sporednih smjerova u lijevo. To je jedan od razloga za rekonstrukcijom sadašnjeg stanja.

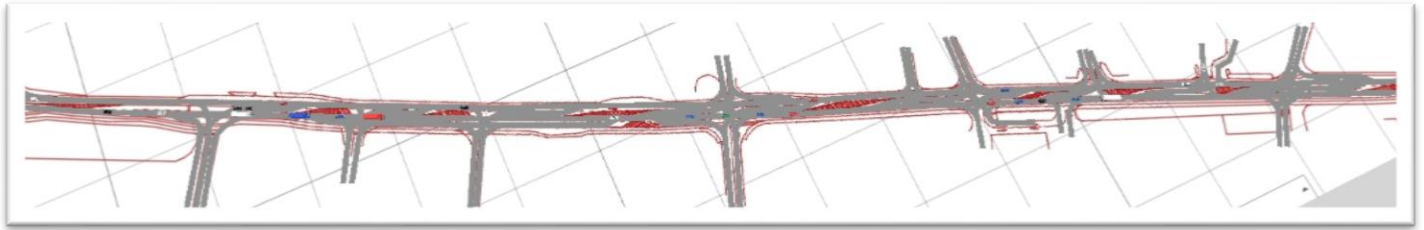
U simulacijskom alatu PTV Vissim 6 napravljena je simulacija sadašnjeg stanja. Uneseni su podaci o broju vozila, smjeru kretanja vozila, strukturi vozila dobiveni brojanjem prometa.

Način regulacije i organizacije prometa u simulaciji jednak je stvarnoj regulaciji i organizaciji analiziranog područja. Osim vizualizacije (Slika 11., Slika 12.) i 3D animacije trenutnog stanja dobiveni su i izlazni podaci (Tablica 3.).

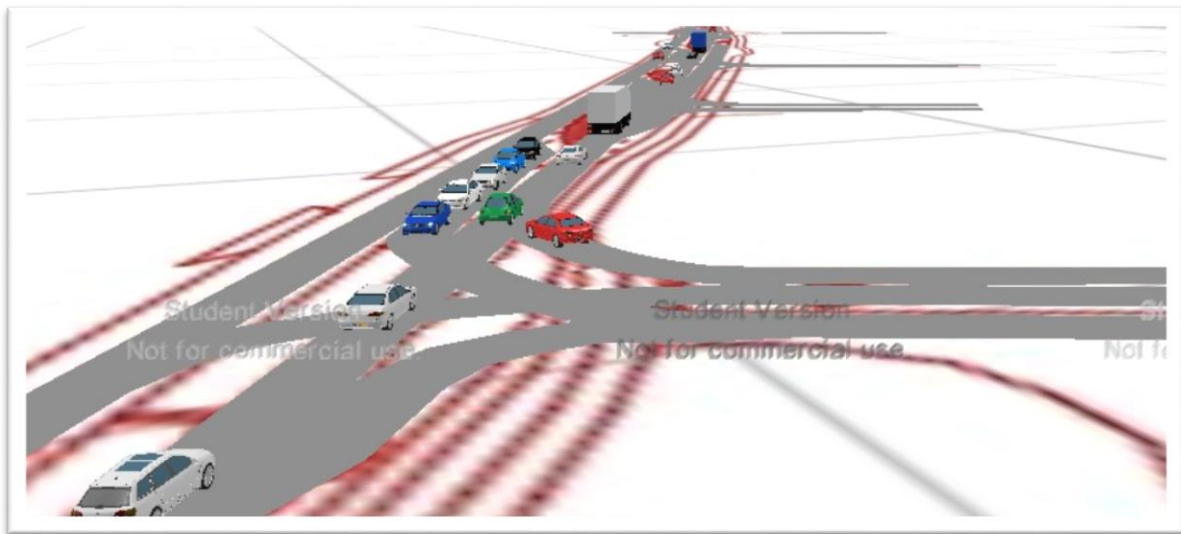
Tablica 3. Izlazni podaci Vissim simulacijskog alata za sadašnje stanje

SimRun	TimeInt	DelayAvg(All)	StopsAvg(All)	SpeedAvg(All)	DelayStopAvg(All)	DistTot(All)	TravTmTot(All)	DelayTot(All)	StopsTot(All)	DelayStopTot(All)	VehAct(All)	VehArr(All)
1	900-3600	5.84	0.16	44.37	1.23	867.32	70367.40	8453.40	231	1782.74	25	1422

Prema izlaznim podacima simulacijskog alata PTV Vissim prosječno vrijeme čekanja je 5,84 sekundi, ukupno vrijeme čekanja svih vozila u sat vremena iznosi 8.453,40 sekundi (2,348 sati). Prosječna brzina je 44,37 km/h, ukupan broj zaustavljanja 231.



Slika 11. 3D simulacija sadašnjeg stanja cijele analizirane dionice u PTV Vissim programu



Slika 12. 3D simulacija sadašnjeg stanja u PTV Vissim programu

## **2.4. Analiza sigurnosti odvijanja prometa**

Iskustva razvijenih zemalja potvrđuju da je istraživanje problema sigurnosti na cestama isplativ način sprečavanja prometnih nesreća. To je bitno i za gospodarski razvoj budući da troškovi prometnih nesreća čine znatan postotak bruto domaćeg proizvoda (BDP-a) [1].

Za analizirano područje napravljena je analiza konfliktnih točaka, temeljem statističkih podataka o broju i vrstama prometnih nesreća na tom području dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova tj. Varaždinske policijske uprave koja je nadležna za to područje.

EuroRAP u suradnji sa HAK-om 2009. godine napravili su pilot projekt o procjeni rizika na dionici D2 na kojoj se nalazi Optujska ulica koja se analizira ovim diplomskim radom.

### **2.4.1. Analiza konfliktnih točaka**

Konfliktne točke izravni su pokazatelj sigurnosti cestovnog prometa. Konfliktne točke mogu biti točke ulijevanja, izlivanja, presijecanja i preplitanje prometnih tokova.

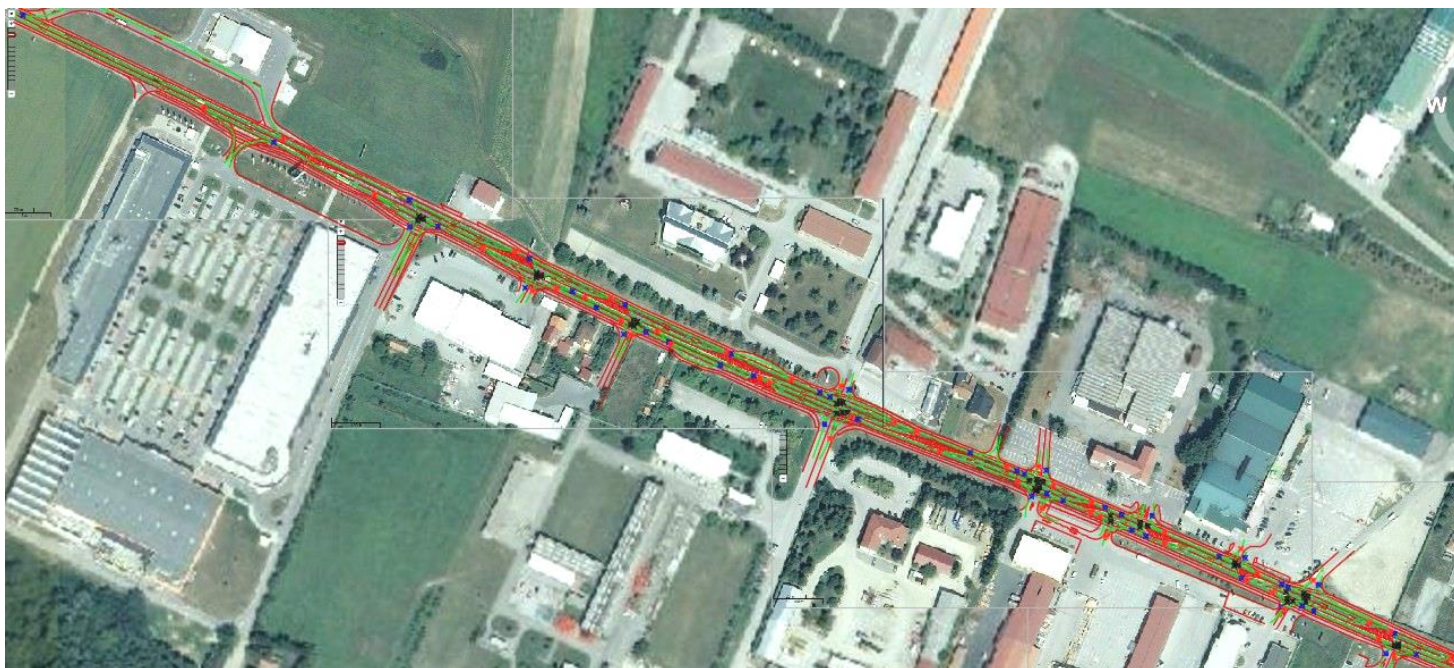
Na analiziranom području postoji:

- 45 točaka ulijevanja;
- 45 točaka izlivanja;
- 45 točaka presijecanja;

Na raskrižju je ukupno 135 konfliktnih točaka.

Na slici 13. točke ulijevanja označene su plavom bojom, izlivanja crvenom, a presijecanja crnom.

Na analiziranom području na glavnu prometnicu postoji 17 sporednih priključaka, koji su izvedeni kao četverokraka i trokraka raskrižja u razini. Raskrižja u razini imaju navise konfliktnih točaka u odnosu na drugačije izvedbe raskrižja kao što su kružni tokovi i raskrižja izvan razine.



Slika 13. Konfliktne točke sadašnjeg stanja

#### 2.4.2. Analiza prometnih nesreća

Za analizu prometnih nesreća zatraženi su podaci o prometnim nesrećama za pet godina unazad u Policijskoj postaji Varaždin u odjelu za odnose s javnošću.

Dobiveni podaci sadrže podatke o vrsti prometne nesreće podijeljene u više grupa, kao što su prometne nesreće sa:

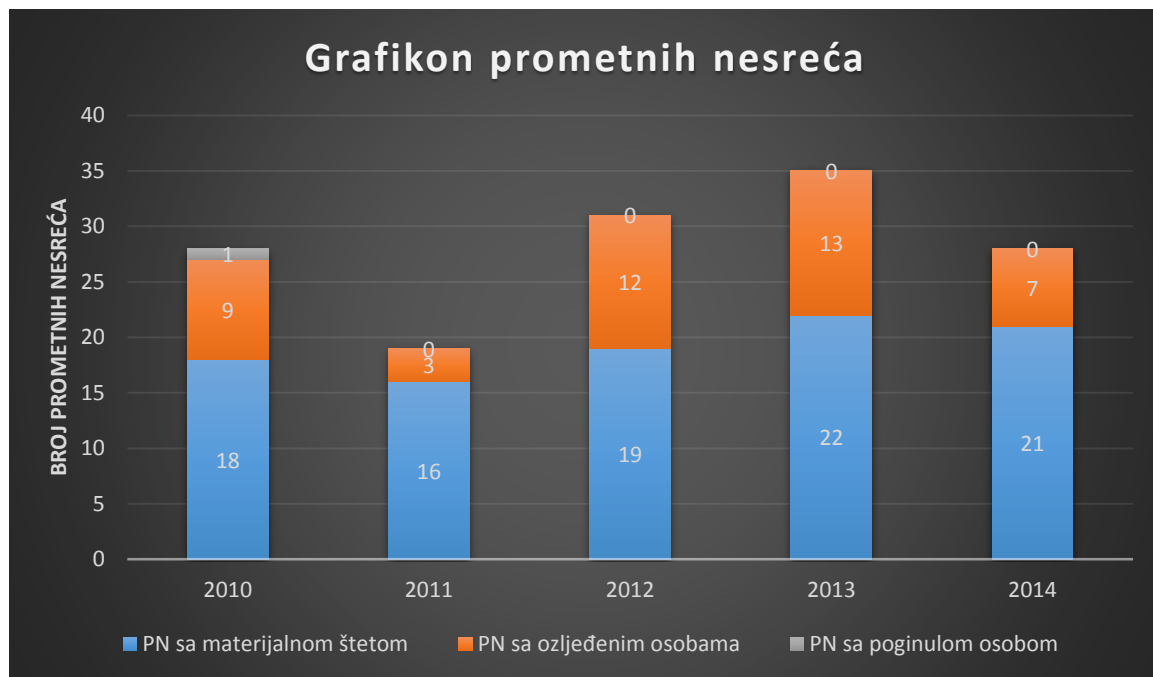
1. Materijalnom štetom
2. Ozlijeđenim osobama
3. Poginulom osobom

Dobiveni podaci sadrže i podatke o vrsti prometne nesreće, npr. Međusobni sudar vozila u pokretu, bočni sudar ili nalet na biciklistu i sl.

Ukupan broj nesreća u 2010. godini bio je 28, 2011. godine 19, 2012. godine 31, 2013. godine 35, 2014. godine 28 prometnih nesreća, kako je prikazano na grafikonu 1.

U 2010. godini dogodila se jedna prometna nesreća s poginulom osobom. Vrsta prometne nesreće bila je "Međusobni sudar vozila u pokretu".





Grafikon 1. Statistika prometnih nesreća u razdoblju od 2010. do 2014. godine

### 2.4.3. EuroRAP

EuroRAP (The European Road Assessment Programme) neprofitna organizacija osnovana u Bruxellesu 2002. godine. Njezini članovi su autoklubovi, razne organizacije koje se brinu o sigurnosti prometa, predstavnici cestara i vlasti. U Hrvatskoj EuroRAP projekte provode Hrvatski autoklub i Fakultet prometnih znanosti.

Umjesto uvriježenog mišljenja o dominantnom utjecaju i odgovornosti vozača za nastanak prometne nesreće te posljedično opsega stradavanja, EuroRAP zastupa i promiče novi pristup podijeljene odgovornosti za smanjivanje broja najtežih posljedica prometne nesreće između ceste, vozila i vozača.

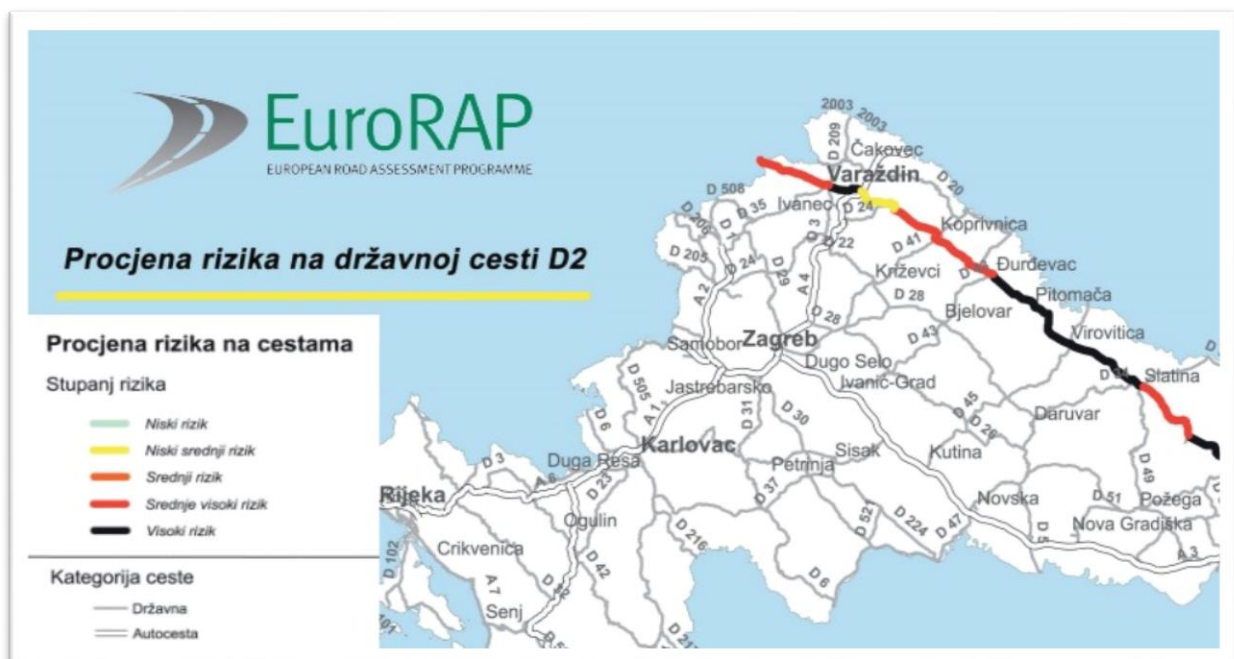
EuroRAP zastupa ideju da čovjek-vozač ima pravo na pogrešku, a da je struka ta koja mora ublažiti posljedice njegovih pogrešaka [7].

Protokoli EuroRAP-a:

- **1. Mapiranje rizika** (Risk Rate Mapping) – izrada obojenih karata cesta koja prikazuje razinu rizika od događanja prometne nesreće sa smrtnim ili teškim ozljedama uzimajući u obzir obujam prometa (Slika 14.)

- **2. Ocjenjivanje zvjezdicama** (Star Rating) – dodjeljivanje zvjezdica za sigurnost dionicama cesta koje se bazira na provedenim stručnim inspekcijama tehničkih i zaštitnih elemenata cesta

- **3. Praćenje napretka** (Performance tracking) – postupci za praćenje stanja sigurnosti prometa i praćenje efekata provedenih mjera.



Slika 14. Mapa rizika za D2 državnu cestu

Izvor: <http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurorap/eurorap-pilot-2009-d2/>

U Hrvatskoj se 2009. godine radilo na pilot projektu EuroRAP-a. Odabrana je državna cesta D2. Ona se proteže od graničnog prijelaza Dubrava Križovljanska do graničnog prijelaza Ilok.

Analizirano područje Optujske ulice dio je D2 državne ceste te je i ono obuhvaćeno u projektu. Kao što je vidljivo na slici 14. dionica kroz grad Varaždin i analizirano područje Optujske ulice procijenjen rizik označen je kao visok.

Ocjenjivanje zvjezdicama provedeno je inspekcijom 2009. godine. Inspekcija je izvršena kroz suradnju Hrvatskog autokluba i Instituta prometa i veza koji je postao akreditirani pružatelj usluge ocjenjivanja zvjezdicama prema EuroRAP Star Rating modelu.

Star Rating sustav ocjenjivanja temelji se na dodjeljivanju bodova za rubove ceste, razdjelne pojaseve ili raskrižja za svakih 100 metara odsječka ceste (Slika 15.).



Slika 15. Star Rating

Izvor: <http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurorap/eurorap-pilot-2009-d2/>

Rezultat rizika na raskrižjima produkt je rezultata zaštite na raskrižjima, rezultata rizika vjerojatnosti događanja sudara i faktora tipa sudara. Raskrižja, čvorišta, ali i ulazi i izlazi u dvorišta mjesta su sukoba prometnih tokova. Na raskrižjima se događa najveći broj prometnih nezgoda stoga njihova kvaliteta bitno utječe na sigurnost cijele prometne mreže.

Rekonstrukcijom postojećih klasičnih raskrižja u raskrižja s kružnim odvijanjem prometa znatno se utječe na podizanje razine sigurnosti na raskrižjima [7].

### **3. DEFINIRANJE VARIJANATA RJEŠENJA**

Jedan od problema sadašnjeg stanja je sigurnost odvijanja prometa. Sigurnost sadašnjeg stanja narušava velik broj raskrižja u razini na malenim udaljenostima. Ukupno 135 kolizijskih točaka na 1.000 metara analizirane dionice i statistika o broju nesreća na tom dijelu dobar je pokazatelj sigurnosti prometa.

Sljedeći problem su lijevi skretači na glavnom i sporednim smjerovima, velika su vremena čekanja na mogućnost izvođenja manevra lijevog skretanja i uključivanja u promet. Zbog nemogućnosti izvođenja lijevog skretanja vozači često izvode nedopuštene radnje ili rade dodatne vožnje do raskrižja gdje prometni tokovi dozvoljavaju odabir njihovog željenog smjera.

Varijantna rješenja temelje se na povećanju sigurnosti prometa, smanjenju vremena čekanja tj. povećanju razine usluge, zadržati sadašnju propusnu moć glavne prometnice, zadržati ili smanjiti prosječnu brzinu putovanja i smanjiti vrijeme putovanja.

Definirane su dvije varijante rješenja koja se temelje na preporukama i saznanjima EuroRAP organizacije, Fakulteta prometnih znanosti, te vlastitim zapažanjima i rješenjima.

U obje varijante planirana je gradnja turbo-kružnih raskrižja.

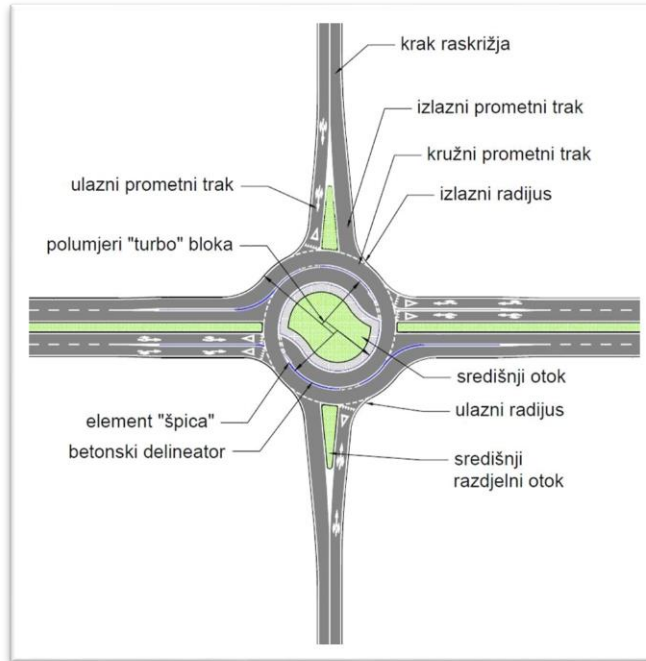
#### **3.1. Osnovne značajke turbo-kružnog raskrižja**

Turbo-kružno raskrižje je posebna vrsta višetračnog kružnog raskrižja, kod kojeg su neki prometni tokovi međusobno odvojeni, odnosno, vođeni po prostorno i fizički odvojenim voznim trakovima [4].

Za razliku od standardnih jednotačnih kružnih raskrižja (čija primjena je u pravilu primjerena u slučaju približno jednakih prometnih opterećenja na glavnom (GPS) i sporednom prometnom smjeru (SPS), primjena turbo-kružnog raskrižja primjerena je i u raskrižjima s naglašenom jakošću prometnog toka na glavnom prometnom smjeru i naglašenom jakošću prometnih tokova u različitim smjerovima vožnje, kao što je u našem analiziranom području slučaj.

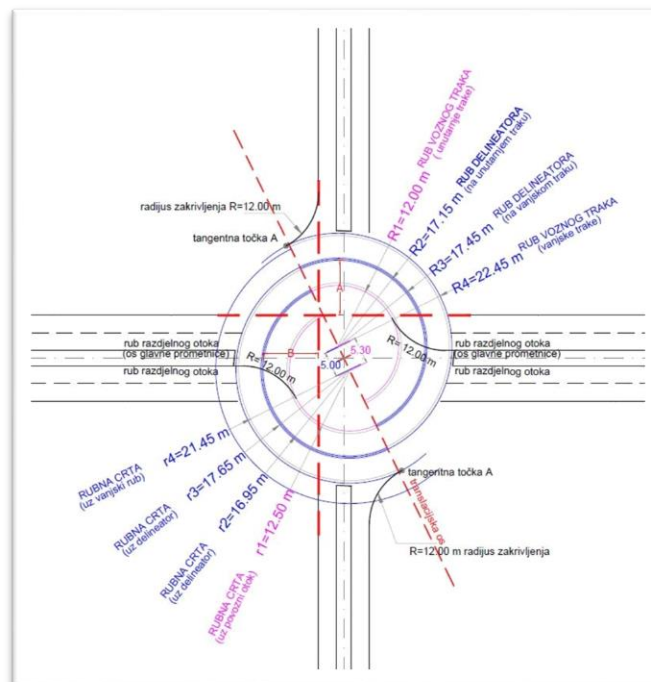
Slika 16. prikazuje karakteristične radijuse za projektiranje turbo-kružnih raskrižja izvan naselja prema smjernicama za projektiranje turbo-kružnih raskrižja. Prema tim smjernicama projektirana su turbo-kružna raskrižja u daljnjem dijelu diplomskog rada.

Slika 17. prikazuje oznake elemenata turbo-kružnog raskrižja.



Slika 16. Oznake glavnih elemenata turbo- kružnog raskrižja

Izvor: Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, projekt, Građevinski fakultet Rijeka



Slika 17. Karakteristični radijusi za projektiranje turbo-kružnih raskrižja

Izvor: Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, projekt, Građevinski fakultet Rijeka

Da bi neko kružno raskrižje bilo turbo-kružno raskrižje, moraju biti ispunjena četiri osnovna uvjeta. Osnovni uvjeti su:

- a) sa najmanje jedne prilazne ceste daje se prednost prometnim tokovi u dvjema kružnim voznim trakovima, koji na tom mjestu predstavljaju kružni kolnik (uvjet koji proizlazi iz propusne moći),
- b) promet na najviše dva kružna vozna traka može imati prednost pred prometnim tokom na ulazu (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti),
- c) na kružnom raskrižju se ne smiju pojaviti konfliktne točke preplitanja na kružnom kolniku i konfliktne točke križanja na ulazima i izlazima iz kružnog raskrižja (uvjet koji proizlazi iz prometne sigurnosti),
- d) spiralno izvedena tlocrtna signalizacija mora biti oblikovana na način da postupno prelazi iz manjeg (unutrašnjeg) na veći (vanjski) polumjer (uvjet koji proizlazi iz udobnosti vožnje) [4].

Glavna prednost turbo-kružnog raskrižja u usporedbi sa standardnim dvotračnim kružnim raskrižjem je:

- manji broj konfliktnih točaka križanja: što je postignuto smanjenjem broja prometnih tokova koji se križaju,
- nepostojanje konfliktnih točaka preplitanja u kružnom kolniku: što je postignuto odvojenim vođenjem nekih prometnih tokova na ulazu u kružno raskrižje, unutar kružnog raskrižja i na izlazu iz kružnog raskrižja [4].

### 3.2. Varijanta 1

Varijanta 1 predviđa gradnju dva turbo-kružna raskrižja i izgradnju nove prometnice duljine 370 m (Prilog 2).

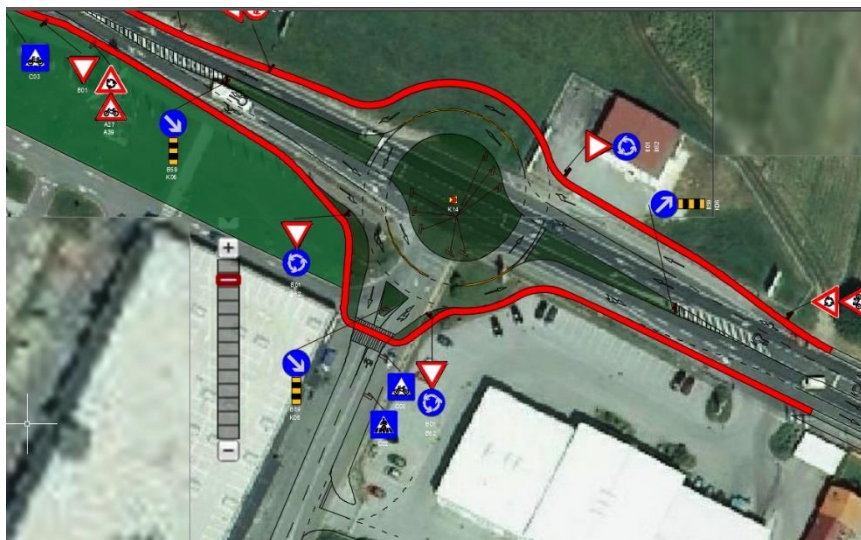
Ideja je smanjiti broj direktnih ulazaka na Optujsku ulicu i time smanjiti broj konfliktnih točaka te smanjiti vremena čekanja na uključivanje na Optujsku ulicu.

Regulacija i organizacija prometa planirana je prometnim znacima. Promet je organiziran dvosmjerno, brzina kretanja ograničena je na 50 km/h. Širina prometnih takova na glavnom smjeru je 3,25 m. Planirane su denivelirane pješačke staze s obje strane kolnika.

Biciklistička staza izvedena je tako da je denivelirana od prometnog traka. Crvenom bojom iscrtane su putanje kretanja biciklista. Preko sporednih privoza i kružnih tokova iscrtani su pješački i biciklistički prijelazi.

Jedno turbo-kružno raskrižje s tri privoza planirano je kod ulaza u trgovački centar Supernova.

Njime bi se ograničila brzina vozila koja ulaze i izlaze iz grada. Ulaz u Fortuna auto-salon bio bi premješten na ulicu prema Supernovi. Kružnim raskrižjem bi se smanjila čekanja vozila koja se uključuju i isključuju u lijevo sa glavnog i sporednog pravca (Slika 18.).



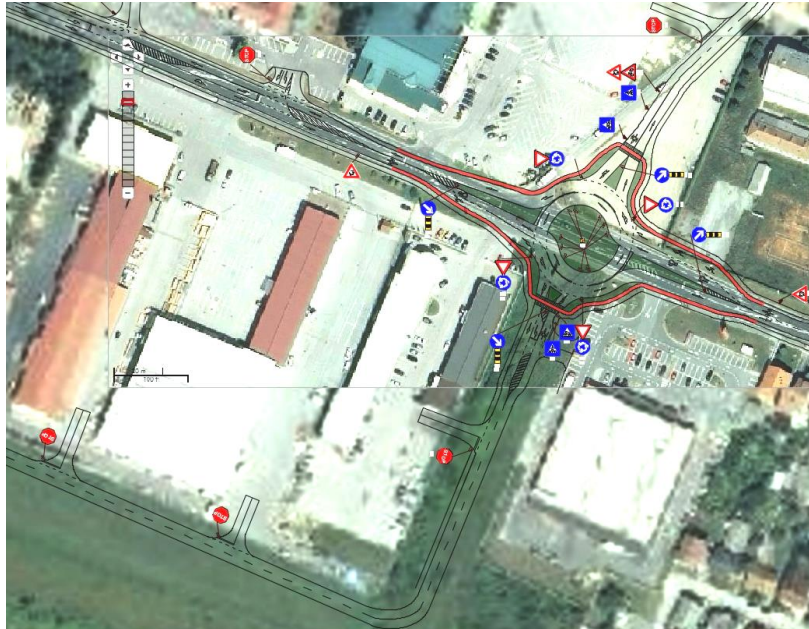
Slika 18. Turbo-kružno raskrižje kod Supernove

Drugo turbo-kružno raskrižje izvedeno je s 4 ulaza i izlaza s karakterističnim tehničko-tehnološkim značajkama kao prvo kružno raskrižje (Slika 19.).

Planirana je gradnja dodatne prometnice pokraj trgovačkog centra Plodine i autokuće Knez te prema MDW Sloveniales-u i Pevec trgovini. Tom novoizgrađenom prometnicom kanalizirali bi ulaze svih tih trgovačkih centara u jednu priključnu prometnicu, koja se spaja na glavnu cestu

preko turbo-kružnog raskrižja. Tom novoizgrađenom prometnicom dodatno bi se povećala mogućnost širenja industrijsko-trgovačke zone u Optujskoj (Slika 19.).

S istočne strane, vozila s Trgomarketa Branka preusmjerena su na istočnu obilaznicu grada Varaždina, čime je prometno opterećenje vozila sa trgovačkog centra Branka preusmjereno na istočnu obilaznicu koja se spaja na glavni smjer preko turbo-kružnog raskrižja (Slika 19.).



Slika 19. Turbo-kružno raskrižje s novom prometnicom

Prema Generalnom urbanističkom planu (GUP) grada Varaždina [10] predviđa se gradnja prometnice po trasi novoizgrađene prometnice u Varijanti 1. (Slika 20.).



Slika 20. GUP grada Varaždina

Izvor: <http://www.varazdin.hr/gup/31/a2.htm>



Priključci kod ulaza u Horvat-univerzal, četverokrako križanje kod Elektre odnosno Autosalona Honda ostali bi nepromijenjeni.

Za realizaciju rekonstrukcije Varijante 1 procijenjeni troškovi izgradnje prema okvirnom cjeniku radova na izgradnji cesta iznose 9.008.003,70 kn (Tablica 4.). Tu nisu uračunati dodatni troškovi otkupa privatnog zemljišta čija potrebna površina iznosi 7710 m<sup>2</sup> (Prilog 2.).

Tablica 4. Okvirni troškovi izgradnje varijante 1.

R.b.	Opis radova	Jedinična cijena [kn]	Jedinica obračuna	Količina	Ukupna cijena [kn]
<b>Pripremni radovi</b>					
1	Iskolčenje	5	m <sup>1</sup>	5000	25.000,00
2	Rezanje asfalta	18,5	m <sup>1</sup>	5000	92.500,00
3	Glodanje i odvoz	24,5	m <sup>2</sup>	10000	245.000,00
4	Raskopavanje asfalta i odvoz	36,8	m <sup>2</sup>	40000	1.472.000,00
5	Izrada bankine širine 0,5 m	18,5	m <sup>2</sup>	1000	18.500,00
6	Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz	65,7	m <sup>3</sup>	20000	1.314.000,00
7	Uređenje posteljice	5,5	m <sup>2</sup>	2000	11.000,00
8	Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje	159,9	m <sup>3</sup>	20000	3.198.000,00
<b>Asfaltiranje</b>					
9	Izravnavajući sloj asfalta	519	t	2500	1.297.500,00
10	Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta	58,8	m <sup>2</sup>	5000	294.000,00
11	Betonski rubnjak 18x24x100 cm + temelj	141	m <sup>1</sup>	1000	141.000,00
12	Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj	98,1	m <sup>1</sup>	100	9.810,00
13	Betonske kanalice 40x15x100 + temelj	164,5	m <sup>1</sup>	500	82.250,00
<b>Ostali radovi (odvodnja)</b>					
14	Upojni bunar od betonskih cijevi Φ 500	4.155,10	kom	5	20.775,50
15	Poklopac revizionog okna	442,8	kom	5	2.214,00
16	Poklopac revizionog okna (teški)	2.746,10	kom	2	5.492,20
17	Vodovodna škrinjica	223,2	kom	10	2.232,00
18	Plinska škrinjica	223,2	kom	10	2.232,00
19	HT zdenac	1.771,20	kom	5	8.856,00
20	Vodovodne komore	1.771,20	kom	10	17.712,00
21	Slivničke rešetke	1.649,10	kom	50	82.455,00
<b>Vertikalno označavanje</b>					
22	Prometni znak (prosijek - ovisi o refleksiji)	400	kom	50	20.000,00
23	Betonski temelj za prometni znak	200	kom	50	10.000,00
24	Pocinčani stup za prometni znak	50	m <sup>1</sup>	50	2.500,00
25	Postavljanje prometnog znaka	70	kom	50	3.500,00
26	Prostorni element (bumbar)	1.000,00	kom	0	0,00
<b>Horizontalno označavanje</b>					
27	Linije	3,5	m <sup>1</sup>	5000	17.500,00
28	Polja za usmjeravanje prometa	25	m <sup>2</sup>	100	2.500,00
29	Strjelica jednosmjerna	95	kom	60	5.700,00
30	Strjelica dvosmjerna	125	kom	20	2.500,00
31	Pješački prijelaz	25	m <sup>2</sup>	3	75,00
32	Autobusno stajalište	600	kom	2	1.200,00
<b>Ostalo</b>					
33	Montažni „ležeći policajci“ s dobavom i ugradnjom	25.000,00	kom	0	0,00
34	Opremanje autobusnog / tramvajskog stajališta	100.000,00	kom	2	200.000,00
<b>PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI</b>					
35	Idejno prometno rješenje	50000	projekt	1	50.000,00
36	Glavni i izvedbeni projekt	350000	projekt	1	350.000,00
<b>UKUPNO [kn]</b>					<b>9.008.003,70</b>

Karakteristični radijusi (Prilog 2.) konstruirani su tako da je omogućeno nesmetano prolaženje mjerodavnog vozila. U našem slučaju to je kamion s prikolicom ukupne duljine 18,35 m i širine 2,55 m.

Broj konfliktnih točaka u varijanti jedan iznosi :

- 34 točaka ulijevanja
- 33 točaka izlijevanja
- 29 točaka presijecanja (Prilog 2.)

Broj konfliktnih točaka smanjen je sa sadašnjih 135 točaka na 96 točaka, što je smanjenje konfliktnih točaka za 29% ,čime je povećana sigurnost prometa na tom djelu ceste.

### Simulacija Varijante 1.

U simulacijskom alatu PTV Vissim 6 napravljena je simulacija Varijante 1. Uneseni su podaci o broju vozila, smjeru kretanja vozila, strukturi vozila dobiveni brojanjem prometa.

Prema izlaznim podacima (Tablica 5.) simulacijskog alata PTV Vissim prosječno vrijeme čekanja je 3,74 sekundi., ukupno vrijeme čekanja svih sudionika u prometu u sat vremena iznosi 6.867,19 sekundi. Prosječna brzina je 47,24 km/h, ukupan broj zaustavljanja 111.

Tablica 5. Izlazni podaci Vissim simulacijskog alata za Varijantu 1.

TimeInt	DelayAvg(All)	StopsAvg(All)	SpeedAvg(All)	DelayStopAvg(All)	DistTot(All)	TravTmTot(All)	DelayTot(All)	StopsTot(All)	DelayStopTot(All)	VehAct(All)	VehArr(All)
900-4500	3.74	0.06	47.24	0.19	1291.27	98402.20	6867.19	111	354.08	35	1803

Na slici 21. prikazana je slika iz animacije u simulacijskom alatu PTV Vissim, snimano s pogledom na drugo turbo-kružno raskrižje.



Slika 21. 3D model Varijante 1. u Vissim simulacijskom alatu

### 3.3. Varijanta 2

Varijanta 2 od tehničko-tehnoloških elementa ne razlikuje se mnogo od Varijante 1. Predviđa gradnju dva identična turbo-kružna raskrižja te novu prometnicu u dužini od 370 m.

Razlika je u tome što Varijanta 2 na ostalim dijelovima dionice ne dozvoljava uključivanje na glavni smjer u lijevo.

Time se vozače tjera na polukružna okretanja na turbo-kružnim raskrižjima ovisno o željenom smjeru.

Zabranom skretanja sa sporednog smjera u lijevo na glavnu prometnicu broj konfliktnih točaka smanjen je za 51% u odnosu na postojeće stanje i 32% u odnosu na Varijantu 1.

Broj konfliktnih točaka u Varijanti 2 iznosi :

- 26 točaka ulijevanja
- 26 točaka izlijevanja
- 13 točaka presijecanja (Prilog 3.).

Okvirnim troškovnikom utvrđeni su troškovi rekonstrukcije u visini cijene 8.977.003,70 kn, što je približno jednako kao i kod Varijante 1. (Tablica 7.). Tu nisu uračunati dodatni troškovi otkupa privatnog zemljišta čija potrebna površina iznosi 7710 m<sup>2</sup>.

Tablica 6. Okvirni troškovnik izgradnje Varijante 2

R.b.	Opis radova	Jedinična cijena [kn]	Jedinica obračuna	Količina	Ukupna cijena [kn]
<b>Pripremni radovi</b>					
1	Iskolčenje	5	m <sup>1</sup>	5000	25.000,00
2	Rezanje asfalta	18,5	m <sup>1</sup>	5000	92.500,00
3	Glodanje i odvoz	24,5	m <sup>2</sup>	10000	245.000,00
4	Raskopavanje asfalta i odvoz	36,8	m <sup>2</sup>	40000	1.472.000,00
5	Izrada bankine širine 0,5 m	18,5	m <sup>2</sup>	1000	18.500,00
6	Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz	65,7	m <sup>3</sup>	20000	1.314.000,00
7	Uređenje posteljice	5,5	m <sup>2</sup>	2000	11.000,00
8	Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat.	159,9	m <sup>3</sup>	20000	3.198.000,00
<b>Asfaltiranje</b>					
9	Izravnavajući sloj asfalta	519	t	2500	1.297.500,00
10	Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta	58,8	m <sup>2</sup>	5000	294.000,00
11	Betonski rubnjak 18x24x100 cm + temelj	141	m <sup>1</sup>	1000	141.000,00
12	Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj	98,1	m <sup>1</sup>	100	9.810,00
13	Betonske kanalice 40x15x100 + temelj	164,5	m <sup>1</sup>	500	82.250,00
<b>Ostali radovi (odvodnja)</b>					
14	Upojni bunar od betonskih cijevi Φ 500, dubina 3 m	4.155,10	kom	5	20.775,50
15	Poklopac revizionog okna	442,8	kom	5	2.214,00

R.b.	Opis radova	Jedinična cijena	Jedinica obračuna	Količina	Ukupna cijena
16	Poklopac revizionog okna (teški)	2.746,10	kom	2	5.492,20
17	Vodovodna škrinjica	223,2	kom	10	2.232,00
18	Plinska škrinjica	223,2	kom	10	2.232,00
19	HT zdenac	1.771,20	kom	5	8.856,00
20	Vodovodne komore	1.771,20	kom	10	17.712,00
21	Slivničke rešetke	1.649,10	kom	50	82.455,00
<b>Vertikalno označavanje</b>					
22	Prometni znak (prosjeak - ovisi o refleksiji)	400	kom	30	12.000,00
23	Betonski temelj za prometni znak	200	kom	30	6.000,00
24	Pocinčani stup za prometni znak	50	m <sup>1</sup>	30	1.500,00
25	Postavljanje prometnog znaka	70	kom	30	2.100,00
26	Prostorni element (bumbar)	1.000,00	kom	0	0,00
<b>Horizontalno označavanje</b>					
27	Linije	3,5	m <sup>1</sup>	2000	7.000,00
28	Polja za usmjeravanje prometa	25	m <sup>2</sup>	20	500,00
29	Strjelica jednosmjerna	95	kom	30	2.850,00
30	Strjelica dvosmjerna	125	kom	10	1.250,00
31	Pješački prijelaz	25	m <sup>2</sup>	3	75,00
32	Autobusno stajalište	600	kom	2	1.200,00
<b>Ostalo</b>					
33	Montažni „ležeći policajci“ s dobavom i ugradnjom	25.000,00	kom	0	0,00
34	Opremanje autobusnog / tramvajskog stajališta	100.000,00	kom	2	200.000,00
<b>PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI</b>					
35	Idejno prometno rješenje	50000	projekt	1	50.000,00
36	Glavni i izvedbeni projekt	350000	projekt	1	350.000,00
<b>UKUPNO [kn]</b>					<b>8.977.003,70</b>

## Simulacija Varijante 2

U simulacijskom alatu PTV Vissim 6 napravljena je simulacija Varijante 2 (Slika 22.). Uneseni su podaci o broju vozila, smjeru kretanja vozila, strukturi vozila dobiveni brojanjem prometa.

Prema izlaznim podacima (Tablica 7.) simulacijskog alata PTV Vissim prosječno vrijeme čekanja je 3,27 sekundi, ukupno vrijeme čekanja svih sudionika u prometu u sat vremena iznosi 6.002,73 sekundi. Prosječna brzina je 47.88 km/h, ukupan broj zaustavljanja 93.

Tablica 7. Izlazni podaci softverskog programa Vissim za Varijantu 2

TimeInt	DelayAvg(All)	StopsAvg(All)	SpeedAvg(All)	DelayStopAvg(All)	DistTot(All)	TravTmTot(All)	DelayTot(All)	StopsTot(All)	DelayStopTot(All)	VehAct(All)	VehArr(All)
900-4500	3.27	0.05	47.88	0.16	1358.48	102142.80	6002.73	93	294.74	37	1801



Slika 22. 3D model Varijante 2 u Vissim simulacijskom alatu

## 4. SWOT ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANATA

SWOT (Strength, Weakness, Oportunities, Threats) analiza predstavlja suvremenu metodu za analizu odabrane strategije i situacije. Analizira čimbenike koji određuju snagu predmeta analize, slabosti, neiskorištene prilike i moguće prijetnje, odnosno opasnosti, a njihova kritična analiza daje osnovu za izradu strategije (Tablica 8., Tablica 9.).

Ova analiza ne daje specifične odgovore nego predstavlja način učinkovite organizacije informacije i osjetljivih značajki kao baza podataka za izgradnju poslovne strategije i operativnih planova te na taj način može biti osnova za primjenu drugih metoda [5].

Tablica 8. SWOT analiza Varijante 1.

<p style="text-align: center;"><b>SNAGE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- smanjenje brzine kretanja vozila zbog manevra u kružnom toku</li> <li>- smanjen broj kolizijskih točaka u odnosu na sadašnje stanje</li> <li>- smanjenje vremena čekanja u odnosu na sadašnje stanje</li> <li>- povećana atraktivnost lokacije</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>SLABOSTI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- otežan prolaz žurnih službi (Hitna pomoć, policija, vatrogasci, ...) zbog potrebnih manevra u kružnim tokovima</li> <li>- otežan prolaz vozila sa specijalnim i vangabaritnim teretima</li> <li>- pogreške vozača u turbo-kružnim raskrižjima</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>PRILIKE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- izgradnja popratne infrastrukture uz novoizgrađenu cestu (Benzinske crpke, parking za teretna vozila, restoran, hotel,...)</li> <li>- širenje industrijsko–trgovačke zone</li> <li>- privlačenje investicija</li> <li>- brže uključivanje u promet sa sporednih prilaza</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>PRIJETNJE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- smanjeno održavanje D2 ceste</li> <li>- stvaranje repova čekanja</li> <li>- mogućnost poplava zbog neposredne blizine rijeke Drave</li> <li>- cijena otkupa dodatnog zemljišta</li> <li>- nastanak prometnih nesreća</li> <li>- pogreške vozača u turbo-kružnim raskrižjima</li> </ul>

Tablica 9. SWOT analiza Varijante 2.

SNAGE	SLABOSTI
<ul style="list-style-type: none"> <li>- smanjenje brzine kretanja vozila nailaskom u grad zbog manevra u kružnom toku</li> <li>- smanjen broj kolizijskih točaka u odnosu na sadašnje stanje i varijantu 1</li> <li>- smanjenje vremena čekanja u odnosu na sadašnje stanje i varijantu 1</li> <li>- povećana atraktivnost lokacije</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- otežan prolaz žurnih službi (Hitna pomoć, policija, vatrogasci, ...) zbog potrebnih manevra u kružnim tokovima</li> <li>- otežan prolaz vozila sa specijalnim i vangabaritnim teretima</li> <li>- Troškovi izgradnje</li> </ul>
PRILIKE	PRIJETNJE
<ul style="list-style-type: none"> <li>- izgradnja popratne infrastrukture uz novoizgrađenu cestu (Benzinske crpke, parking za teretna vozila, restoran, hotel,...)</li> <li>- širenje industrijsko–trgovačke zone</li> <li>- krajobrazno oblikovanje</li> <li>- trenutno i trajno zaposlenje dodatnog broja ljudi</li> <li>- brže uključivanje u promet sa sporednih prilaza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- smanjeno održavanje D2 ceste</li> <li>- stvaranje repova čekanja</li> <li>- mogućnost poplava zbog neposredne blizine rijeke Drave</li> <li>- cijena otkupa dodatnog zemljišta</li> <li>- nastanak prometnih nesreća</li> <li>- povećanje buke</li> <li>- veća duljina putovanja zbog nemogućnosti skretanja u lijevo</li> </ul>

## 5. VREDNOVANJE VARIJANATA PRIMJENOM AHP METODE

Višekriterijsko odlučivanje predstavlja proces optimizacije jedne ili više funkcija cilja na skupu mogućih rješenja.

Višekriterijski problemi (u usporedbi s jednokriterijskim problemima) podrazumijevaju postojanje:

- više kriterija (funkcija cilja, funkcija kriterija) za odlučivanje,
- više alternativa/varijanti (rješenja) za izbor,
- proces izbora jedne konačne alternative.

Višekriterijsko odlučivanje dijeli se na višeciljno odlučivanje i višatributivno odlučivanje (Slika 23.).



Slika 23. Podjela višekriterijskog odlučivanja

*Izvor: Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, akademska godina 2014/2015.*

### 5.1. Višeciljno odlučivanje

Višeciljno odlučivanje primjenjuje se u rješavanju tzv. dobro strukturiranih problema, a karakterizira ga više kriterijskih funkcija, odnosno funkcija cilja.

Neke od višeciljnih metoda su:

- Višekriterijska simpleks metoda
- Zions-Walleniusova metoda
- Metoda koraka STEM
- Metoda pomičnog ideala



## 5.2. Višeatributivno odlučivanje

Višeatributivno odlučivanje predstavlja loše strukturiran problem, odnosno problem čiji su kriteriji definirani atributima, cilj je loše definiran (implicitan), ograničenja su neaktivna (uključena su u attribute) i odnose se na izbor alternativa (rješenja koja su poznata) [5].

Neke od višeatributivnih metoda odlučivanja su:

- Metoda dominacije
- ELEKTRE I-V
- PROMETHE I-V
- Metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP)
- Metoda višekriterijskog kompromisnog rangiranja (VIKOR)

U daljnjem dijelu diplomskog rada vrednovanje izvršeno između varijanata rješenja rekonstrukcije primijenjena je metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP).

## 5.3. Metoda Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP)

Analitički hijerarhijski proces (AHP metoda) se koristi u cilju rješavanja kompleksnih problema odlučivanja, kada postoji veći broj kriterija.

Osnovna prednost ove metode očituje se u mogućnosti prilagodbe donositelja odluke u smislu broja atributa, odnosno kriterija i alternativa o kojima se istovremeno odlučuje, a koje je moguće opisati i kvantitativno i kvalitativno [5].

Rješavanje problema pomoću AHP metode:

1. Strukturiranje problema (funkcija cilja, kriteriji, potkriteriji, alternative)
2. Prikupljanje podataka
3. Definiranje relativne važnosti kriterija u odnosu na cilj istraživanja, odnosno rangiranje kriterija (usporedba relativne važnosti kriterija)
4. Proračun ukupnog prioriteta za svaku alternativu
5. Odabir najbolje alternative

Kod AHP metode koriste se omjerne skale. Najpoznatija je tzv. Saaty-eva skala koja ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja (Tablica 11.).

Svakom od njih odgovara vrijednosni sud o tome koliko se puta veća prednost (prioritet) daje jednoj alternativu u odnosu na drugu, a pri uspoređivanju kriterija koliko je puta jedan kriterij važniji od drugog.

Tablica 10. Saaty-eva skala važnosti ocjene

Intenzitet važnosti	Skala	Opis
1	Jednako važno	Dva atributa jednako pridonose cilju
3	Umjereno važnije	Umjerena prednost jednom atributu u odnosu na drugi
5	Strogo važnije	Strogo se favorizira jedan atribut u odnosu na drugi
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedan atribut izrazito se favorizira u odnosu na drugi
9	Ekstremna važnost	Favorizira se jedan atribut u odnosu na drugi s najvećom uvjerljivošću
2, 4, 6, 8	Međuvrijednosti	Vrijednosti kompromisa među odgovarajućim susjednim vrijednostima

### 5.3.1. Definiranje hijerarhijske strukture

Hijerarhijsku strukturu AHP modela čine cilj, kriteriji, potkriteriji i alternative (Slika 24.).

Cilj višekriterijske analize je izbor optimalnog rješenja rekonstrukcije dijela Optujske ulice u gradu Varaždinu.

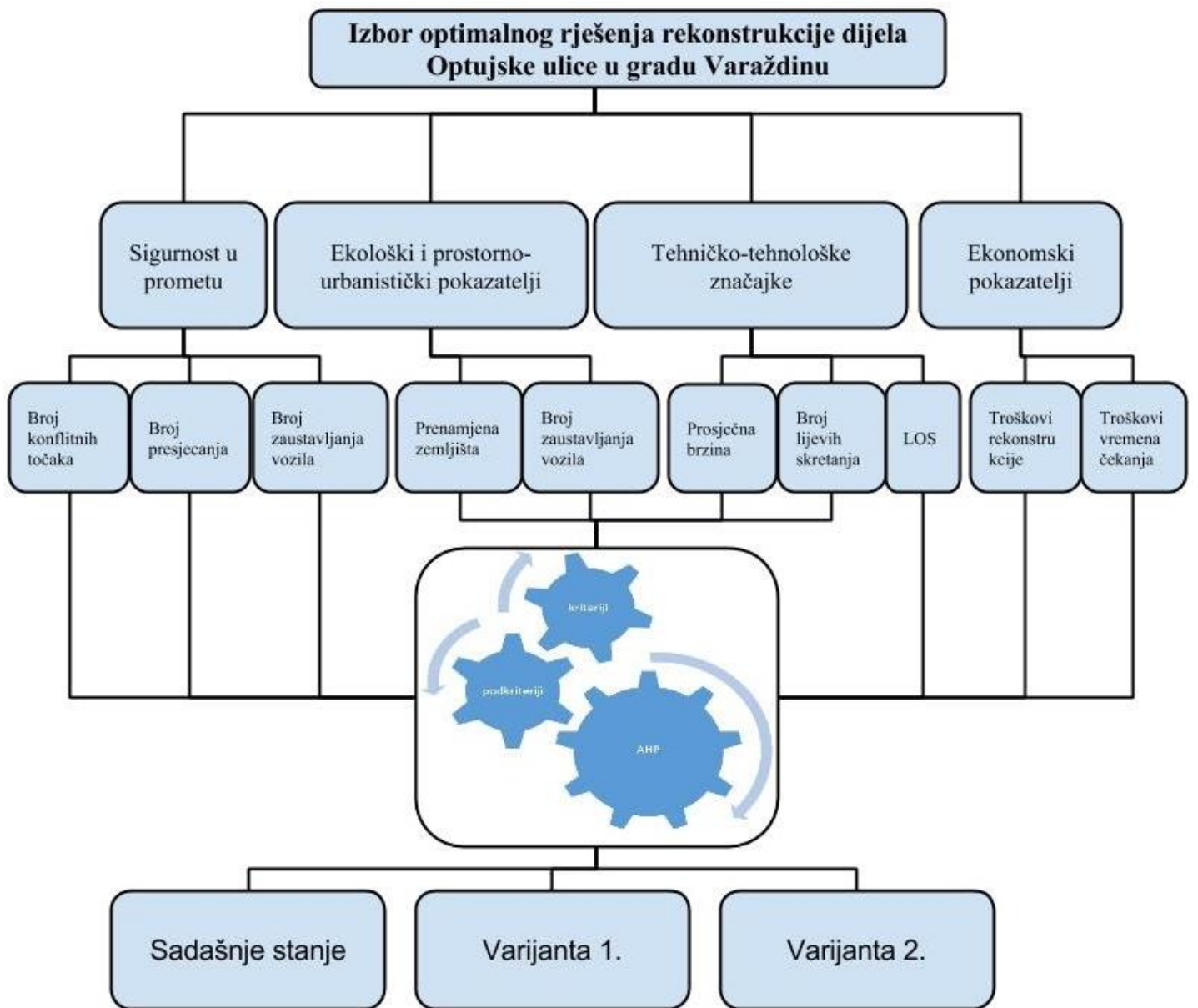
Kriteriji su: sigurnost u prometu sa potkriterijima broj konfliktnih točaka, broj presijecanja tokova, broj zaustavljanja vozila, sljedeći kriterij je ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji sa potkriterijima prenamjena zemljišta i broj zaustavljanja vozila, dalje kriterij je tehničko-tehnološke značajke sa potkriterijima prosječna brzina, broj lijevih skretanja i prosječno vrijeme čekanja (LOS<sup>6</sup>), sljedeći kriterij je ekonomski pokazatelji s potkriterijima troškovi rekonstrukcije i troškovi vremena čekanja (Slika 24.).

Alternative su: - Varijanta 1.

- Varijanta 2.

Kao jedno od rješenja je i sadašnje stanje. Time je moguće ustanoviti u kojoj mjeri se poboljšala dionica ceste sa novim rješenjima rekonstrukcije u odnosu na sadašnje stanje, te provesti analizu osjetljivosti.

<sup>6</sup> LOS – engl. Level of Service (razina usluge)



Slika 24. Hijerarhijska struktura AHP modela

### 5.3.2. Rangiranje kriterija

Kriteriji se međusobno uspoređuju u parovima u odnosu na to koliko puta je jedan od njih važniji za mjerenje postizanja cilja od drugog, dok se alternative međusobno uspoređuju u parovima po svakom od kriterija procjenjujući u kojoj mjeri se po tom kriteriju jednoj od njih daje prednost u odnosu na drugu.

Kriteriju sigurnost u prometu dodijeljena je umjerena važnost u odnosu na kriterij ekološki i prostorno–urbanistički pokazatelji i od kriterija ekonomski pokazatelji, jer prema strateškom planu Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture za razdoblje 2014. – 2016. godine jedan od glavnih ciljeva je visoko razvijena, učinkovita i sigurna prometna infrastruktura [13]. Bilo koji sustav pa tako i prometni da bi bio održiv mora biti siguran.

Kriteriju sigurnost u prometu prema intenzitetu važnosti u odnosu na kriterij tehničko-tehnološke značajke prema Satty-evoj skali dodijeljena je ocjena 2.

Ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji i ekonomski pokazatelji podjednako pridonose odabiru varijantnog rješenja, jer njihov odnos je recipročan (npr. povećanjem početne investicije što je ekonomski pokazatelj recipročno se poboljšavaju ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji).

Kriterij tehničko-tehnološke značajke prema intenzitetu važnosti prema Satty-evoj skali prema kriteriju ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji i kriteriju ekonomski pokazatelji je dva.

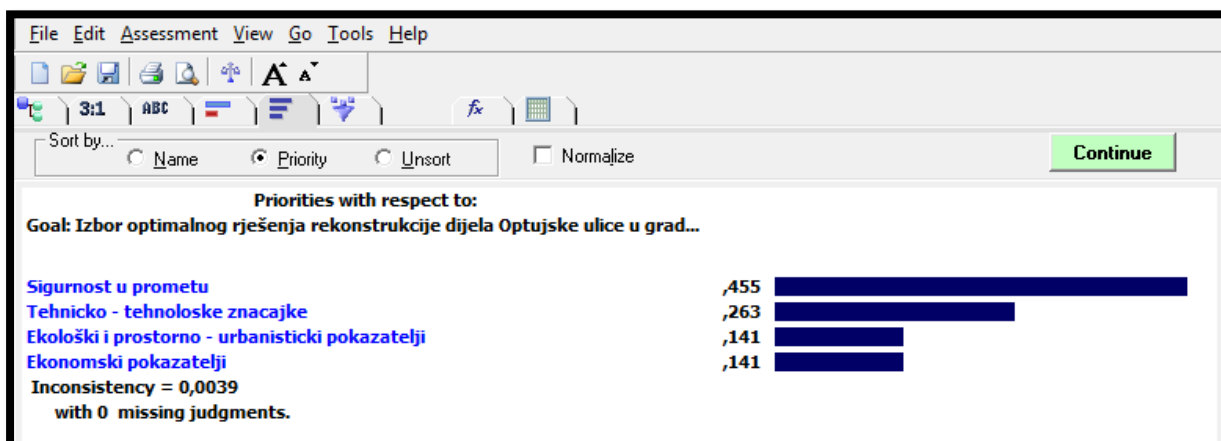
Tehničko-tehnološke značajke ceste direktno utječu na sigurnost prometa, propusnu moć, razinu usluge i ostale prometne pokazatelje te je zbog toga bitnije od kriterija ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji i kriterija ekonomski pokazatelji.

Tablica 12. prikazuje rangiranje kriterija prema Satty-evoj skali.

Tablica 11. Rangiranje kriterija

kriteriji	Sigurnost u prometu	Ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji	Tehničko tehnološke značajke	Ekonomski pokazatelji
Sigurnost u prometu	1	3	2	3
Ekološki i prostorno – urbanistički pokazatelji	1/3	1	1/2	1
Tehničko tehnološke značajke	1/2	2	1	2
Ekonomski pokazatelji	1/3	1	1/2	1

Vrijednosti iz Tablice 12. uneseni su u softverski program "Expert Choise". Iz programa dobiveni je grafički prikaz sa brojčanim vrijednostima o odnosima rangiranja među kriterijima (Slika 25.).



Slika 25. Rangiranje kriterija

### 5.3.3. Rangiranje potkriterija

Rangiranje potkriterija vrši se kao i rangiranje kriterija.

Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost u prometu opisan je tablicom 13.

Potkriterij broj presjecanja tokova umjereno je važniji od potkriterija broj konfliktnih točaka i broj zaustavljanja vozila.

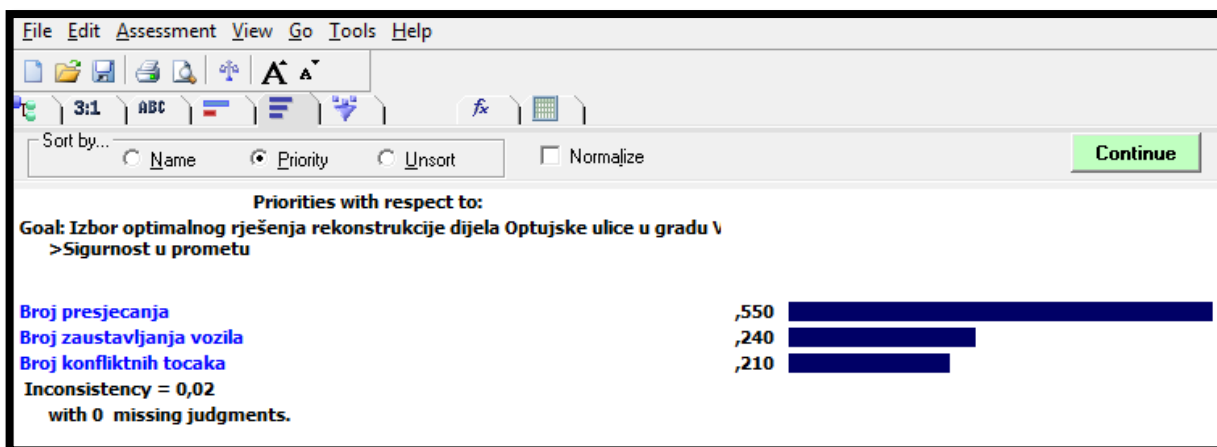
Broj konfliktnih točaka i broj zaustavljanja vozila podjednako su važna.

Potkriterij broj presjecanja tokova važniji je od ostalih jer kod presjecanja tokova dolazi do težih prometnih nesreća nego što je kod uplitanja i isplitanja te udara zaustavljenog vozila.

Tablica 12. Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost u prometu

Potkriteriji	Broj konfliktnih točaka	Broj presjecanja tokova	Broj zaustavljanja vozila
Broj konfliktnih točaka	1	1/3	1
Broj presjecanja tokova	3	1	2
Broj zaustavljanja vozila	1	1/2	1

Slika 26. grafički prikazuje odnos potkriterija kriterija sigurnost u prometu (Vissim).



Slika 26. Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost u prometu

Rangiranje potkriterija kriterija ekološki i prostorno–urbanistički pokazatelji jednako su važni prema Satty-evoj skali, Tablica 13. opisuje njihovo rangiranje.

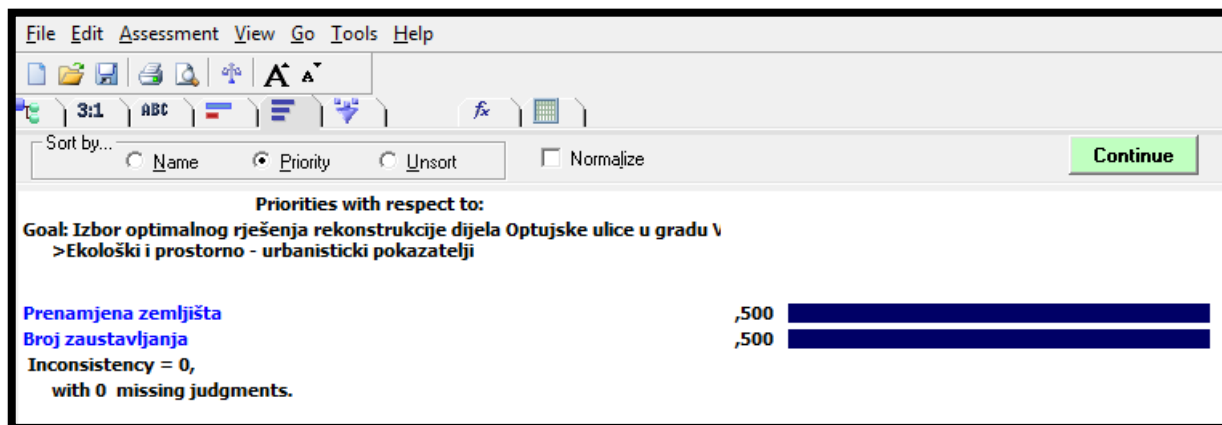
Prenamjena zemljišta kod rekonstrukcije predstavlja trajni gubitak i mogućnost iskorištavanja te površine za neke druge djelatnosti (npr. poljoprivredne djelatnosti, šumarstvo, stambeni objekti, itd.) čime direktno utječe na ekološke i prostorno-urbanističke pokazatelje.

Broj zaustavljanja vozila utječe na ekološke pokazatelje, jer svako nepotrebno zaustavljanje dodatno zagađuje okoliš ispušnim plinovima, povećava se buka, zbog usporenja i ubrzanja vozila.

Tablica 13. Rangiranje potkriterija kriterija ekološki i prostorno – urbanistički pokazatelji

Potkriteriji	Prenamjena zemljišta	Broj zaustavljanja vozila
Prenamjena zemljišta	1	1
Broj zaustavljanja vozila	1	1

Slika 27. grafički prikazuje odnos potkriterija kriterija ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji (Vissim).



Slika 27. Rangiranje potkriterija kriterija kriterija ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji

Rangiranje potkriterija kriterija tehničko – tehnološke značajke opisan je Tablicom 14.

Tablica 14. Rangiranje potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke

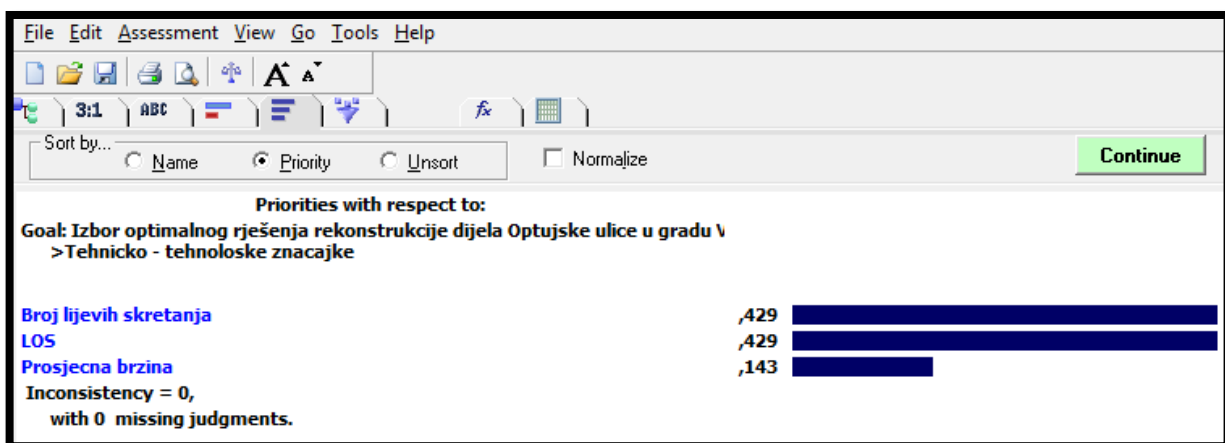
Potkriteriji	Prosječna brzina	Broj lijevih skretanja	LOS
Prosječna brzina	1	1/3	1/3
Broj lijevih skretanja	3	1	1
LOS	3	1	1

Broj lijevih skretanja i LOS (engl. Level of Service = razina usluge) podjednako pridonose izboru varijantnog rješenja i umjereno su važniji od prosječne brzine.

Uz potrebu povećanja sigurnosti u prometu, smanjenje broja lijevih skretača i povećanje razine usluge glavni su razlog za rekonstrukcijom Optujske ulice.

Na prosječnu brzinu utječe broj lijevih skretača i LOS pa samim time taj potkriterij je manje bitan od ostalih.

Slika 28. grafički prikazuje odnos potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke.



Slika 28. Rangiranje potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke



Potkriteriji troškovi rekonstrukcije i troškovi vremena čekanja kriterija ekonomski pokazatelji rangirani su podjednako.

Troškovi rekonstrukcije predstavljaju početnu investiciju i direktan je ekonomski pokazatelj, te jeftinija varijanta rekonstrukcije uz zadovoljavajuću razinu kvalitete i funkcionalnosti je prihvatljivija.

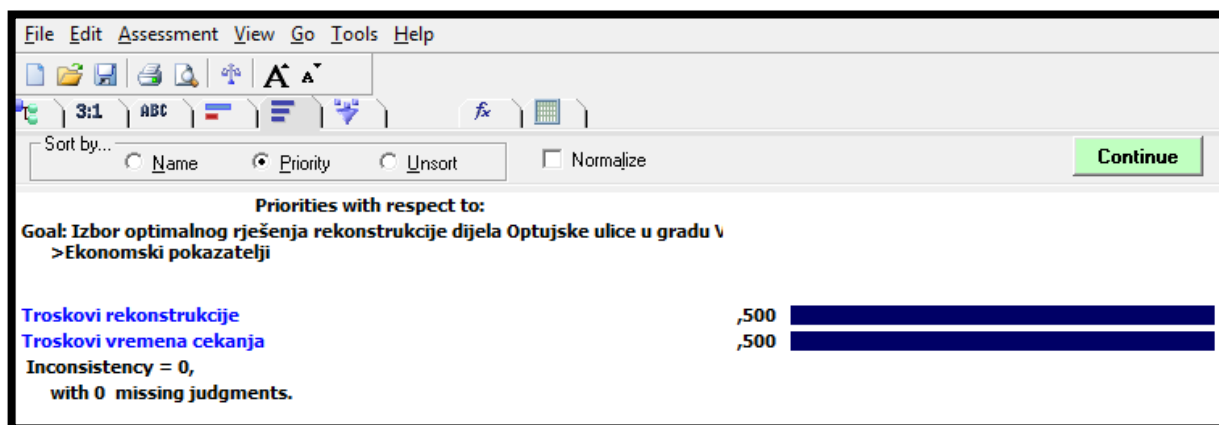
Vrijeme potrošeno na čekanje u prometu predstavlja oportunitetni trošak svakog sudionika u prometu. Mjeri se u novčanim jedinicama, čime se pojednostavljuje i omogućuje vrednovanje prema ekonomskim pokazateljima. Izračunava se tako da množimo ukupno vrijeme čekanja svih sudionika u prometu sa prosječnim novčanim prihodom Hrvatskog stanovništva.

Rangiranje potkriterija kriterija ekonomski pokazatelji opisan je Tablicom 15.

Slika 29. grafički prikazuje odnos potkriterija kriterija ekonomski pokazatelji.

Tablica 15. Rangiranje potkriterija kriterija ekonomski pokazatelji

Potkriteriji	Troškovi rekonstrukcije	Troškovi vremena čekanja
Troškovi rekonstrukcije	1	1
Troškovi vremena čekanja	1	1



Slika 29. Rangiranje potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke

### 5.3.4. Rangiranje varijanti

Prema Satty-evoj skali rangirane su varijante po potkriterijima i kriterijima.

#### 5.3.4.1. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj konfliktnih točaka

Broj konfliktnih točaka direktno utječe na sigurnost cestovnog prometa.

Potkriterij broj konfliktnih točaka daje prednost Varijanti 2. (Tablica 16.), jer ima najmanje konfliktnih točaka u odnosu na sadašnje stanje i Varijantu 1 (Slika 30). u odnosu na sadašnje stanje ima 51% manje konfliktnih točaka. Vrednovano je po Satty-evoj skali prema Tablici 18. Dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju konfliktne točke iz programa Expert Choice na slici 31.



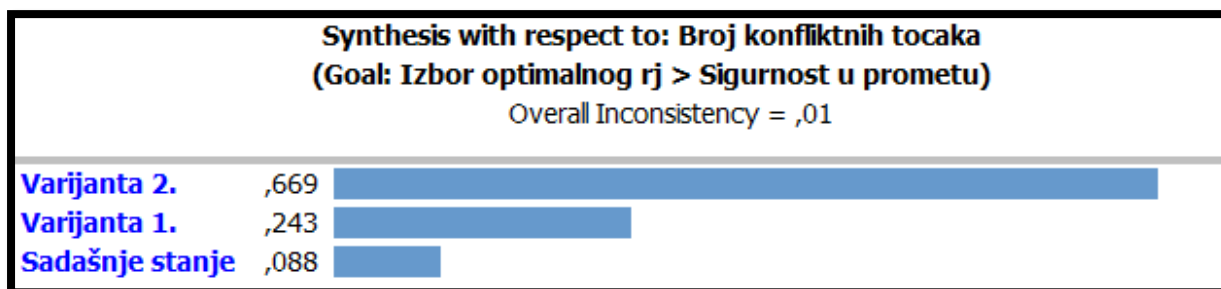
Slika 30. Konfliktni točke Varijante 2

Tablica 16. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj konfliktnih točaka

	Broj konfliktnih točaka	Rang
Sadašnje stanje	135	3
Varijanta 1	96 (-26%)	2
Varijanta 2	65 (-51%)	1

Tablica 17. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj konfliktnih točaka

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/3	1/7
Varijanta 1	3	1	1/3
Varijanta 2	7	3	1



Slika 31. Rangiranje varijanti prema podkriteriju broj konfliktnih točaka

#### 5.3.4.2. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj presijecanja

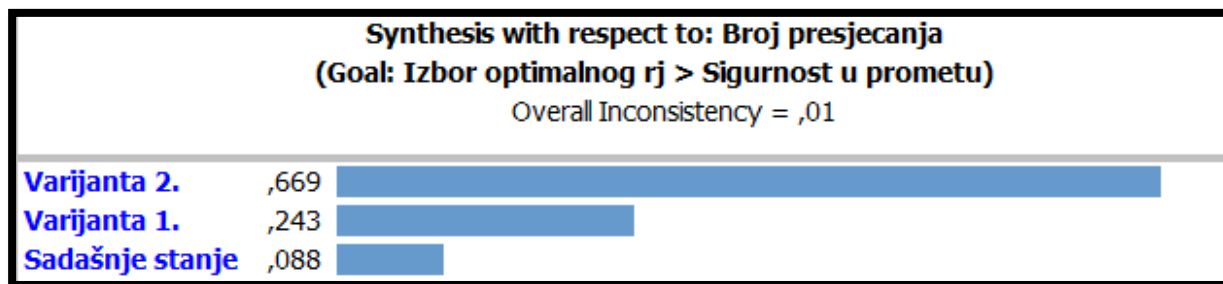
Točke presijecanja prometnih tokova najrizičnija su mjesta za nastanak težih prometnih nesreća, time broj presijecanja prometnih tokova direktno utječe na sigurnost u cestovnom prometu. Potkriterij broj presijecanja daje prednost Varijanti 2. (Tablica 18.) jer je broj presijecanja sa sadašnjeg stanja 45 točaka presijecanja tokova smanjen na 13 točaka presijecanja (Slika 30.). Vrednovano je po Satty-evoj skali (Tablica 19.), a na slici 32. dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju broj presijecanja.

Tablica 18. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj presjecanja

	Broj presijecanja tokova	Rang
Sadašnje stanje	45	3
Varijanta 1	29	2
Varijanta 2	13	1

Tablica 19. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj presjecanja

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/3	1/7
Varijanta 1	3	1	1/3
Varijanta 2	7	3	1



Slika 32. Rangiranje varijanti prema podkriteriju broj presjecanja

### 5.3.4.3. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja

Sa sigurnosnog aspekta svako zaustavljanje vozila predstavlja rizičnu situaciju te je najčešći uzrok sudara vozila ispred.

Potkriterij broj zaustavljanja daje prednost Varijanti 2. (Tablica 20.) zato što kod Varijante 2 broj zaustavljanja vozila u vršnom satu iznosi 93. Kod Varijante 1 je 111 zaustavljanja a sa sadašnjim stanjem 231 zaustavljanje vozila u vršnom satu.

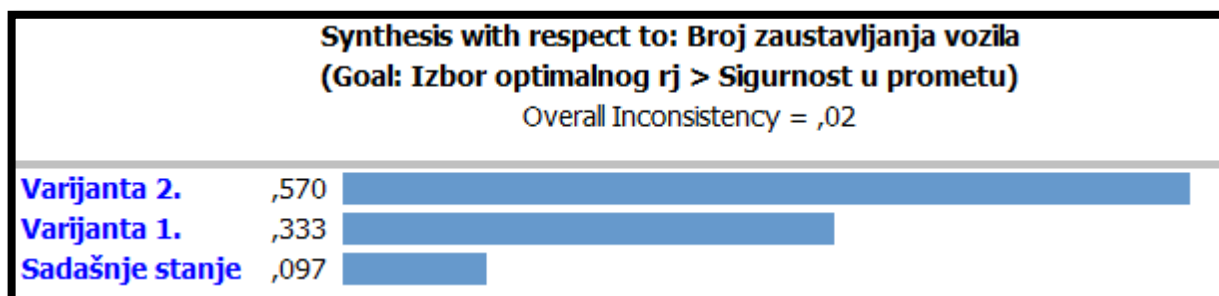
Vrednovano je po Satty-evoj skali prema Tablici 21. Dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema prema potkriteriju broj zaustavljanja (Slika 33.).

Tablica 20. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja

	Broj zaustavljanja	Rang
Sadašnje stanje	231	3
Varijanta 1	111	2
Varijanta 2	93	1

Tablica 21. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj zaustavljanja

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/4	1/5
Varijanta 1	4	1	1/2
Varijanta 2	5	2	1



Slika 33. Rangiranje varijanti prema podkriteriju broj zaustavljanja

#### 5.3.4.4. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prenamjena zemljišta

Potkriterij prenamjena zemljišta daje maksimalnu prednost sadašnjem stanju, jer kod sadašnjeg stanja nije potrebna dodatna prenamjena zemljišta. (Tablica 22.).

Vrednovano je po Satty-evoj skali prema Tablici 23.

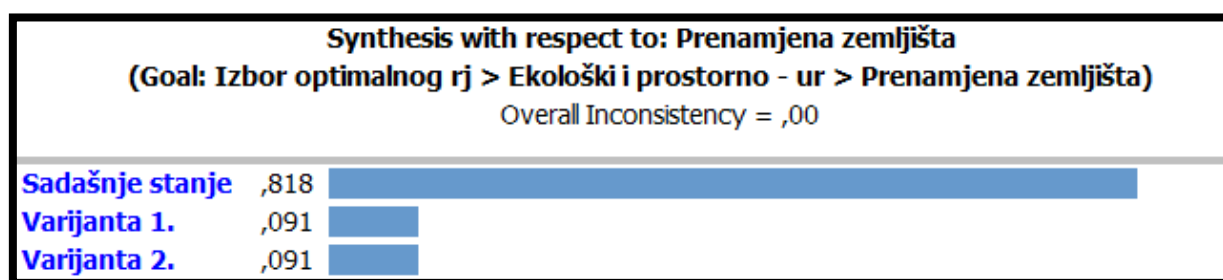
Dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju prenamjena zemljišta iz programa Expert Choice na slici 34.

Tablica 22. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prenamjena zemljišta

	Prenamjena zemljišta [m <sup>2</sup> ]	Rang
Sadašnje stanje	0	1
Varijanta 1	7710	2
Varijanta 2	7710	2

Tablica 23. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju prenamjena zemljišta

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	9	9
Varijanta 1	1/9	1	1
Varijanta 2	1/9	1	1



Slika 34. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prenamjena zemljišta

### 5.3.4.5. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila

S ekološkog aspekta broj zaustavljanja direktno utječe na povećanje potrošnje goriva i štetnih ispušnih plinova te povećanje buke zbog ubrzanja i usporenja vozila.

Potkriterij broj zaustavljanja u kriteriju ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji daje prednost varijanti 2. (Tablica 24.), zato što kod Varijante 2 broj zaustavljanja vozila u vršnom satu je 93. Kod Varijante 1 je 111 zaustavljanja, a sa sadašnjim stanjem 231 zaustavljanje vozila u vršnom satu.

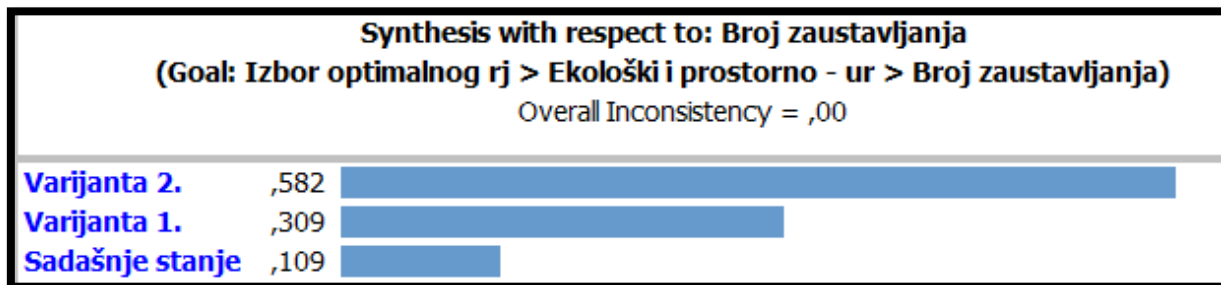
vrednovano je po Satty-evoj skali prema Tablici 25. Na slici 35. dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila.

Tablica 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila

	Broj zaustavljanja vozila	Rang
Sadašnje stanje	231	3
Varijanta 1	111	2
Varijanta 2	93	1

Tablica 25. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/3	1/5
Varijanta 1	3	1	1/2
Varijanta 2	5	2	1



Slika 35. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila

### 5.3.4.6. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prosječna brzina

Prosječna brzina izračunata je na temelju svih vozila koja su se pojavila u vršnom satu.

Vrijednosti prosječnih brzina izračunati su pomoću simulacijskog programa PTV Vissim.

Potkriterij prosječna brzina daje blagu prednost varijanti 2. (Tablica 26.). Razlike u prosječnoj brzini približno su jednake u varijantama 1 i 2. (47,24 km/h, 47,88 km/h). Prosječna brzina u sadašnjem stanju je manja od prosječne brzine u varijantama 1 i 2 i iznosi 44,37 km/h.

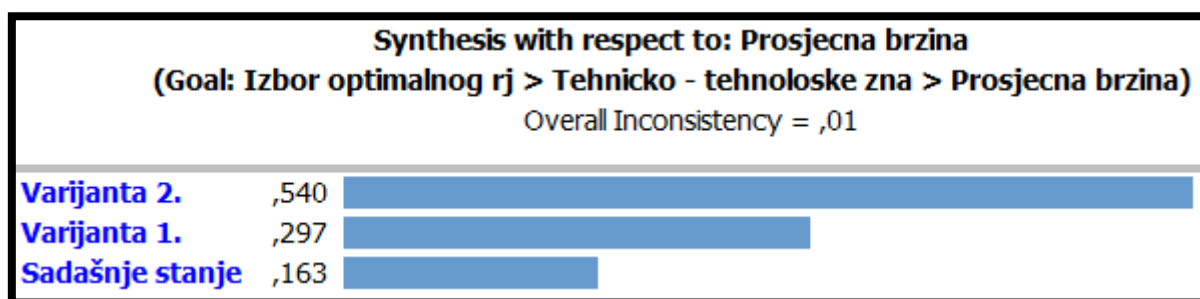
Vrednovano je po Satty-ovoj skali prema Tablici 27. Na slici 36. dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju prosječna brzina.

Tablica 26. Rangiranje varijanti prema podkriteriju prosječna brzina

	Prosječna brzina [km/h]	Rang
Sadašnje stanje	44,37	3
Varijanta 1	47,24	2
Varijanta 2	47,88	1

Tablica 27. Vrednovanje varijanata prema podkriteriju prosječna brzina

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/2	1/3
Varijanta 1	2	1	1/2
Varijanta 2	3	2	1



Slika 36. Rangiranje varijanti prema podkriteriju prosječna brzina

### 5.3.4.7. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja

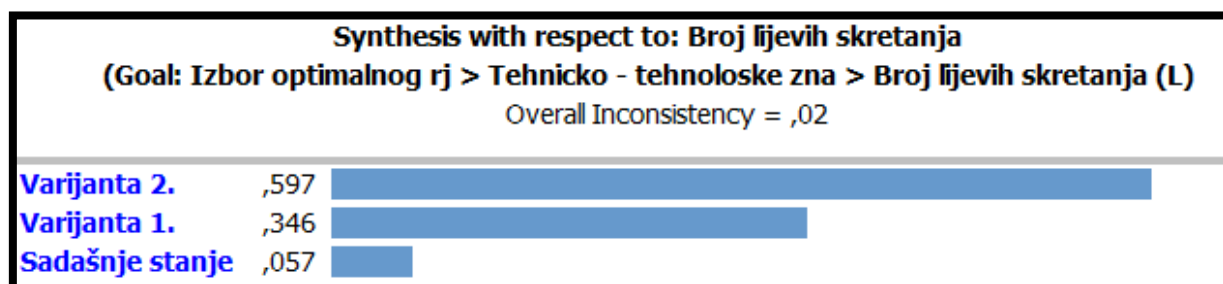
Zbog prometne potražnje do 500 vozila/sat na glavnom prometnom toku u oba smjera stvaraju se repovi čekanja. Boljom organizacijom prometnih tokova i smanjenjem broja lijevih skretanja smanjuju se i repovi čekanja, raste razina usluge, smanjuje se broj konfliktnih točaka čime raste sigurnost u prometu. Sadašnje stanje imam 20 raskrižja sa lijevim skretačima. Varijanta 1 ima 6 takvih raskrižja, a Varijantom 2 zabranjuje se skretanje ulijevo na cijeloj dionici (Prilog 3), iz tog razloga potkriterij broj lijevih skretanja daje prednost varijanti 2. (Tablica 28.). Vrednovano je po Satty-evoj skali prema Tablici 29. Na slici 37. dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja.

Tablica 28. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja

	Broj lijevih skretanja	Rang
Sadašnje stanje	20	3
Varijanta 1	6	2
Varijanta 2	0	1

Tablica 29. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj lijevih skretača

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/7	1/9
Varijanta 1	7	1	1/2
Varijanta 2	9	2	1



Slika 37. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja



### 5.3.4.8. Rangiranje varijanti prema potkriteriju LOS

LOS (Level Of Service) razina usluge određuje se prema HCM<sup>7</sup> smjernicama. HCM definira sedam razina usluga A,B,C,D,E,F pri čemu je razina usluge A najbolja, a F najslabija.

U simulacijskom alatu PTV Vissim prema izlaznim podacima prosječno vrijeme čekanja cijelog analiziranog područja sadašnjeg stanja je 5,84 sekunde, Varijante 1 je 3,74 sekundi i Varijanata 2 je 3,27 sekundi. U prosjek ulaze svi sudionici u vršnom satu, pa tako prema HCM smjernicama sva tri slučaja su razine usluge A.

Potkriterij razina usluge daje prednost Varijanti 2 (Tablica 30.) zbog najmanjeg prosječnog vremena čekanja.

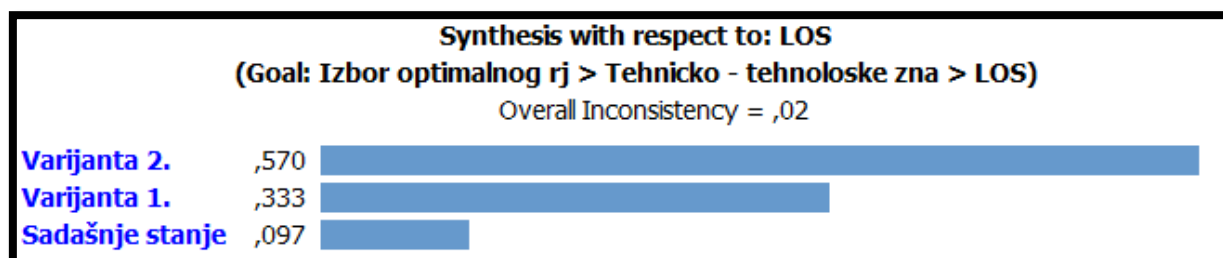
Vrednovano je po Satty-ovoj skali prema Tablici 31. Na slici 38. dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju LOS.

Tablica 30. Rangiranje varijanti prema potkriteriju LOS

	Prosječno vrijeme čekanja [sekunde]	Rang
Sadašnje stanje	5,84	3
Varijanta 1	3,74	2
Varijanta 2	3,27	1

Tablica 31. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju LOS

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/4	1/5
Varijanta 1	4	1	1/2
Varijanta 2	5	2	1



Slika 38. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja

<sup>7</sup> HCM- Highway Capacity Manual

### 5.3.4.9. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije

Potkriterij troškovi rekonstrukcije daje prednost sadašnjem stanju (Tablica 32.), jer kod sadašnjeg stanja nema troškova rekonstrukcije. Varijante 1 i 2 prema okvirnom izračunu troškovi rekonstrukcije su oko devet milijuna kuna.

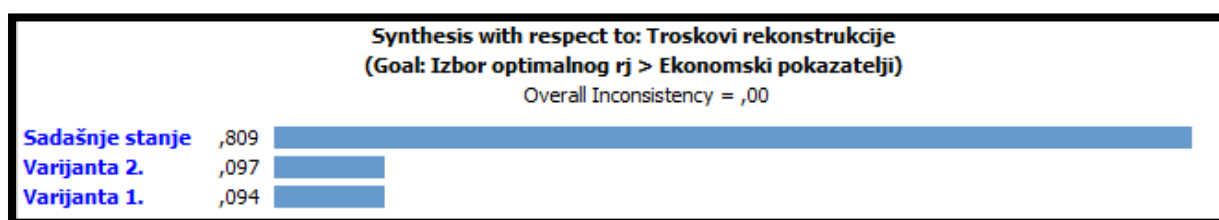
Vrednovano je po Satty-ovoj skali prema Tablici 33. Na slici 39. dan je grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije.

Tablica 32. Rangiranje varijanti prema podkriteriju troškovi rekonstrukcije

	Troškovi rekonstrukcije [kn]	Rang
Sadašnje stanje	0,00	1
Varijanta 1	9.008.003,70	3
Varijanta 2	8.977.003,70	2

Tablica 33. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	9	8
Varijanta 1	1/9	1	1
Varijanta 2	1/8	1	1



Slika 39. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije

### 5.3.4.10. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi vremena čekanja

Trošak vremena čekanja predstavlja oportunitetni trošak.

Trošak vremena čekanja u prometu izračunava se množenjem ukupnog vremena čekanja svih vozila u 1 satu sa prosječnim novčanim prihodom (PP) Hrvatskog stanovništva. Prosječni novčani prihod izračunavamo preko bruto domaćeg proizvoda po stanovniku (BDP).

BDP po stanovniku za 2015. godinu iznosi 20.873 USD (141.482,20 kn) [14].

$$PP = BDP / (365 * 24)$$

$$PP = 141.482,20 / (365 * 24) = 16,15 \text{ kn/h}$$

Prema takvom izračunu prosječni novčani prihod u Hrvatskoj je 16,15 kn/h (0,0044864 kn/s).

Potkriterij troškovi vremena čekanja daje prednost varijanti 2. (Tablica 34.), jer troškovi vremena čekanja u sat vremena u sadašnjem stanju iznosi 37,92 kune, u Varijanti 1 je 30,80kuna, a Varijanta 2 ima najmanji trošak čekanja 26,93 kune u vršnom satu.

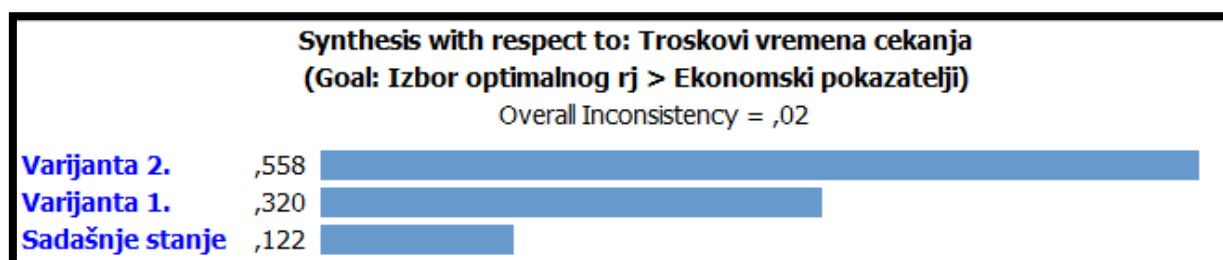
Vrednovano je po Satty-ovoj skali prema tablici 35. Slika 40. prikazuje grafički prikaz rangiranja varijanti prema potkriteriju troškovi vremena čekanja.

Tablica 34. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi vremena čekanja

	izračun	Troškovi vremena čekanja [kn/h]	Rang
Sadašnje stanje	8.453,40 (s) * PP	37,92	3
Varijanta 1.	6.867,19 (s) * PP	30,80	2
Varijanta 2.	6.002,73 (s) * PP	26,93	1

Tablica 35. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju troškovi vremena čekanja

	Sadašnje stanje	Varijanta 1	Varijanta 2
Sadašnje stanje	1	1/3	1/4
Varijanta 1	3	1	1/2
Varijanta 2	4	2	1



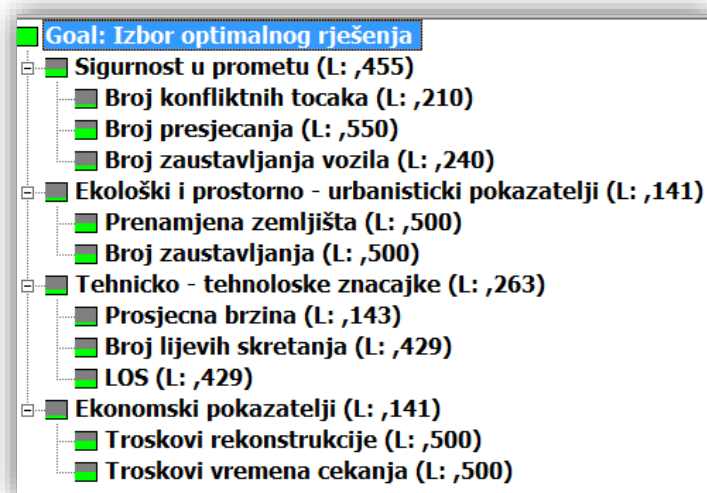
Slika 40. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi vremena čekanja

## 6. IZBOR OPTIMALNE VARIJANTE I ANALIZA OSJETLJIVOSTI

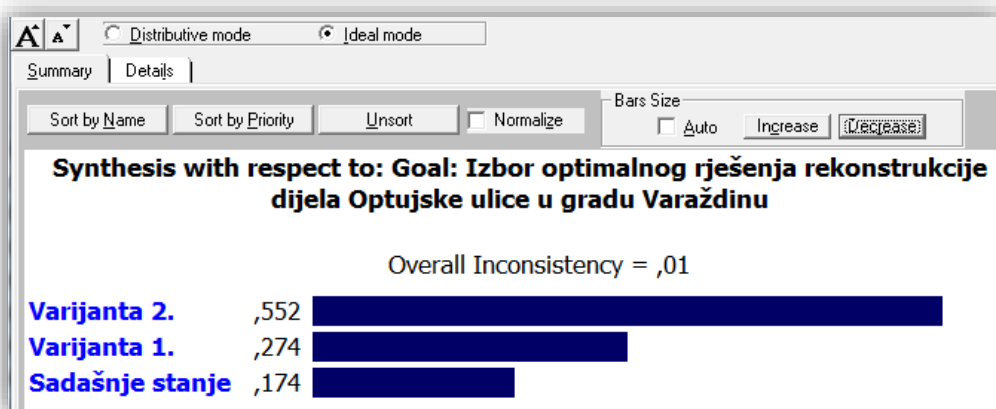
### 6.1. Izbor Optimalne varijante

Vrednovanjem svih varijanata po svakom kriteriju odnosno potkriteriju, može se odrediti optimalna varijanta. Varijanta s najvećom težinom je optimalna varijanta (slika 41.).

Način na koji su rangirani kriteriji i potkriteriji određuje Varijantu 2 kao optimalnu, što je vidljivo na slici 42. Na slici 41. je prikazan dinamički odnos između težina pojedinog kriterija i težine pojedine varijante u tom kriteriju.



Slika 41. Relativne težine pojedinih varijanata prema kriterijima i potkriterijima



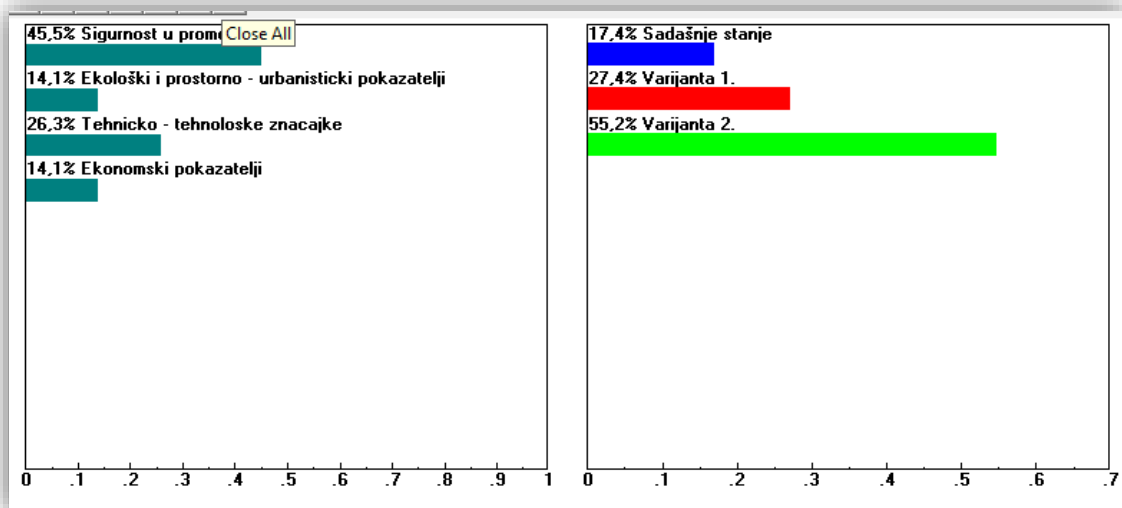
Slika 42. Izlazni podaci o optimalnoj varijanti u programu Expert Choice

## 6.2. Analiza osjetljivost

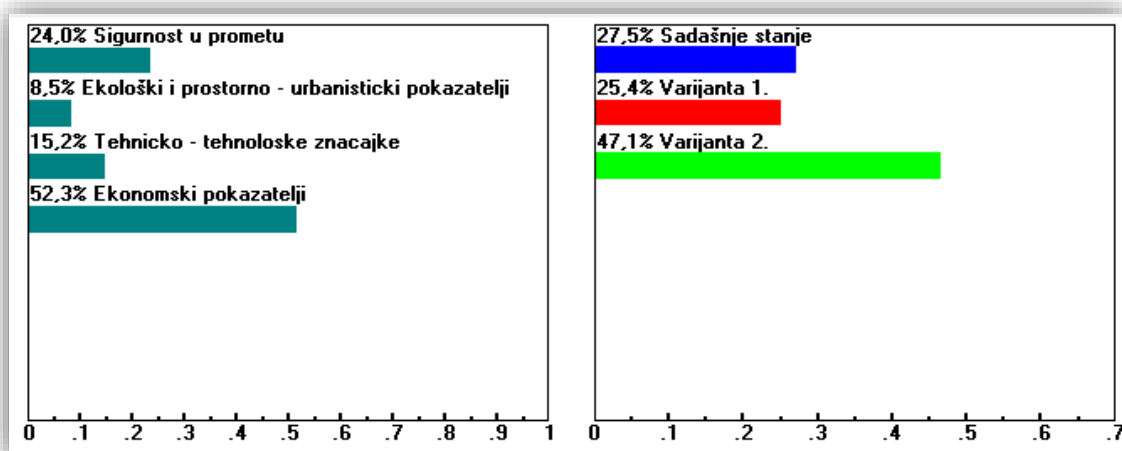
Analiza osjetljivosti omogućuje određivanje „kritičnih“ varijabli ili parametara modela, a njezin osnovni cilj je procijeniti prihvatljivost projekta ako vrijednost kritičnih parametara projekta budu promijenjene.

S prometnog gledišta kriteriji sigurnost u prometu i tehničko-tehnološke značajke najvažniji su kriteriji te najviše utječu na odabir varijante rekonstrukcije. U današnje vrijeme kad se malo novca odvaja za nove projekte najvažniji kriterij za odabir nekog projekta je ekonomski kriterij.

U izradi analize osjetljivosti promijenjena je (povećana) težinska vrijednost kriterija ekonomski pokazatelji (Slika 43., 44.).



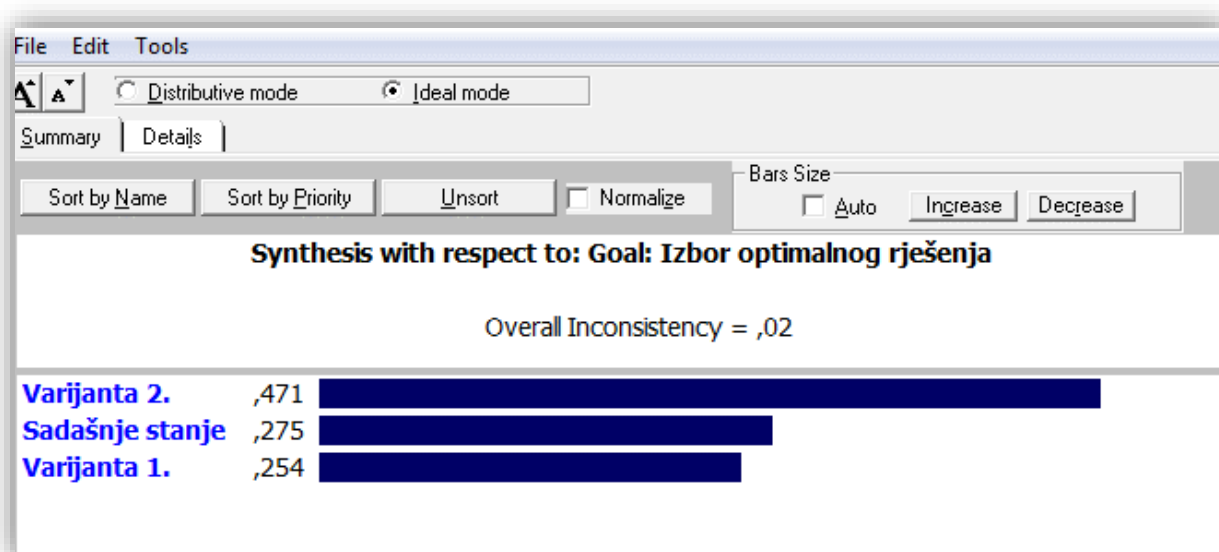
Slika 42. Rangiranje kriterija prije analize osjetljivosti



Slika 43. Rangiranje kriterija nakon analize osjetljivosti

Za analizu osjetljivosti kriterij ekonomski pokazatelji ima najveću relativnu važnost 52,3 %, prije je imao 14,1% (Slika 43.). Kriterij sigurnost u prometu prije analize osjetljivosti bio je najvažniji kriterij sa 45,5 % relativne važnosti, nakon promjena parametara kriterij sigurnost u prometu pada na 24% relativne važnosti. Tehničko-tehnološke značajke padaju sa 26,3 % na 15,2% relativne važnosti. Ekološki i prostorno urbanistički pokazatelji sa 14,1 % pali su na 8,5% relativne važnosti.

S povećanjem težinske važnosti kriterija ekonomski pokazatelji Varijanta 2 dalje ostaje optimalno rješenje za rekonstrukciju Optujske ulice u gradu Varaždinu (Slika 45.). Na drugom mjestu više nije Varijanta 1 već sadašnje stanje.



Slika 44. Izbor optimalnog rješenja rekonstrukcije nakon analize osjetljivosti

### 6.3. Prijedlog izvora financiranja

Financiranje podrazumijeva prikupljanje financijskih sredstava u svrhu obavljanja određene aktivnosti ili realizacije planiranog projekta, u ovom radu to je rekonstrukcija dijela Optujske ulice u gradu Varaždinu.

U tržišnom gospodarstvu koriste se tri modela financiranja izgradnje, održavanja i korištenja infrastrukture: javno (državno) financiranje, privatno financiranje i mješovito financiranje [14].

Kod javnog financiranja dominantnu ulogu ima javni sektor (središnja država, lokalna i regionalna samouprava, javna poduzeća i agencije). Državna direktno financira i izvodi radove te kasnije upravlja infrastrukturom.

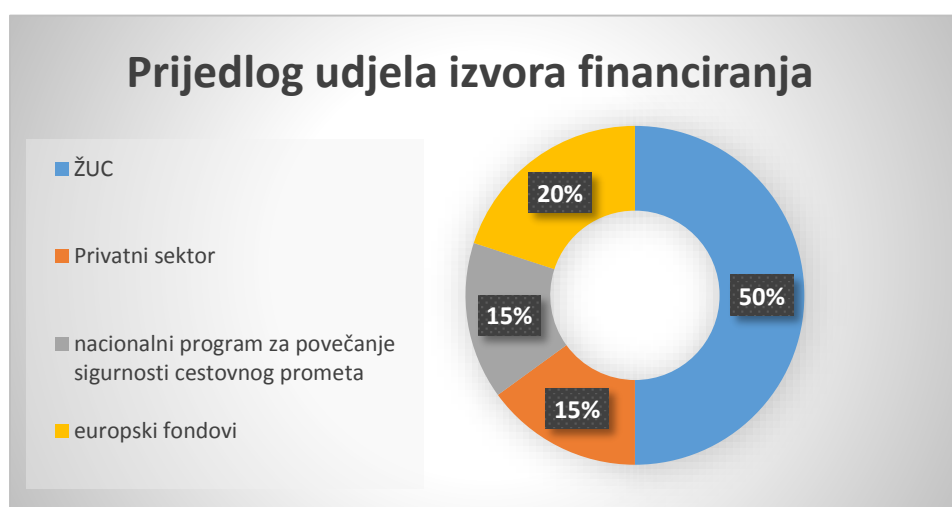
Privatno financiranje nailazi na sve širu primjenu zbog nerazmjera između rastućih javnih potreba i troškova izgradnje infrastrukture s jedne strane i ograničenih financijskih kapaciteta javnog sektora s druge.

Mješovito financiranje predstavlja partnerstvo privatnog i javnog sektora. Javno-privatno partnerstvo se realizira u sklopu različitih vlasničkih i upravljačkih struktura. Raspodjelom rizika partnerstvo osigurava niz koristi kako privatnom tako i javnom sektoru [14].

Izgradnjom zapadne gradske obilaznice Optujska ulica je prenamijenjena iz državne ceste D2 u županijsku cestu ŽC 2252. Cesta u Optujskoj ulici u nadležnosti je Županijske uprave za ceste Varaždinske županije (ŽUC).

Vrijednost predložene rekonstrukcije Optujske ulice prema Varijanti 2 iznosi 8.977.003,70 kuna.

Predlaže se mješovito financiranje privatnog i javnog sektora. Zbog izravne i neizravne višestruke koristi grada Varaždina predlaže se preko Županijske uprave za ceste koja je nadležna za tu cestu sudjelovanje u financiranju 50% potrebne investicije, 15% investicije predlaže se financiranje iz privatnog sektora trgovačkih društava i industrijskih pogona koji bi imali izravne pozitivne učinke od rekonstrukcije. To su: Šoping centar Supernova, Bauwelt, Pevec, Plodine, Branka i ostala manja poduzeća na tom potezu Optujske ulice. 15% investicije predlaže se financiranje iz nacionalnog programa za povećanje sigurnosti cestovnog prometa, a 20% preko Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR) [15]. Grafikon 2. prikazuje udio pojedinih subjekata u financiranju rekonstrukcije.



Grafikon 2. Prijedlozi izvora financiranja rekonstrukcije

## 7. ZAKLJUČAK

Posljednjih nekoliko godina uz Optujsku ulicu u gradu Varaždinu izgrađeno je više trgovačkih centara kao što su Supernova, Plodine i BauWelt. Uz nove i postojeće sadržaje u Optujskoj ulici dolazi do potrebe za rekonstrukcijom tog djela Optujske ulice.

Sadašnje stanje ne zadovoljava prometne potrebe. Sa ukupno 17 priključaka na jednom kilometru Optujske ulice narušena je sigurnost odvijanja cestovnog prometa. Pokazatelj o stanju sigurnosti prometa na tom dijelu Optujske ulice je statistika prometnih nesreća. Broj prometnih nesreća približno je jednak kao posljednjih 5 godina unatoč poboljšanju kvalitete vozila i infrastrukture.

Zbog velikog prometnog opterećenja na glavnom smjeru u oba pravca velika su vremena čekanja na uključivanje u prometni tok. Time je narušena razina usluge. Varijantna rješenja konstruirana su tako da poboljšaju sigurnost u prometu, razinu usluge i ostale pokazatelje.

Vrednovanjem varijanta primjenom AHP metode odabrana je Varijanta 2. Rekonstrukcijom Optujske ulice u gradu Varaždinu prema Varijanti 2 polučilo bi višestruke koristi. S prometnog gledišta povećala bi se sigurnost u prometu, razina usluge te ostali tehničko-tehnološki pokazatelji.

Okolina bi imala koristi zbog povećanja atraktivnosti područja, omogućilo bi se širenje trgovačko-industrijske zone, omogućilo bi se lakše uključivanje i isključivanje u promet što izravno utječe na posjećenost sadržaja (trgovine, benzinske postaje, autosaloni i sl.)

Zbog izravne koristi grada Varaždina, nadležne uprave za ceste i trgovačkih centara uz Optujsku ulicu predlaže se financiranje rekonstrukcije većim dijelom iz proračuna grada Varaždina. Jednim djelom bi se financiralo preko trgovačkih centara i ostalih poduzeća koja se nalaze na tom području te preko nacionalnih i europskih fondova za povećanje sigurnosti u cestovnom prometu i fondova za povećanje mobilnosti stanovništva.



## LITERATURA

- [1] Brlek, P., Dadić, I., Šošarić, M.: Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja, radna verzija), Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2011.
- [2] Legac, I.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb 2011.
- [3] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta / Cestovne prometnice II, , Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb 2008.
- [4] Smjernice za projektiranje kružnih raskrižja sa spiralnim tokom kružnog kolnika na državnim cestama, projekt, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka 2014.
- [5] Barić, D.: Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata, akademska godina 2014/2015.
- [6] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 1997.
- [7] <http://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurorap/eurorap-pilot-2009-d2/>
- [8] <http://geoportal.dgu.hr/>
- [9] <http://www.eurorap.org/>
- [10] <http://www.varazdin.hr/gup/31/a2.htm>
- [11] <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html>
- [12] <https://www.google.hr/maps>
- [13] [http://www.mppi.hr/UserDocsImages/corr.065-STRAT-PL%20MPPI%202014-2016%2021-5\\_13.pdf](http://www.mppi.hr/UserDocsImages/corr.065-STRAT-PL%20MPPI%202014-2016%2021-5_13.pdf)
- [14] Čavrak V.: Ekonomika prometa, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2002.
- [15] <http://www.strukturnifondovi.hr/esi-fondovi-2014-2020>

### Korišteni programski alati

1. Expert Choice 11.5
2. PTV Vissim 6
3. AutoCAD 2016
4. PhotoFiltre

## Popis slika

Slika 1. Europski TEN-T koridori .....	3
Slika 2. Grad Varaždin sa širom okolicom .....	4
Slika 3. a) situacijski položaj glavnih cesta u Varaždinu u 12.stoljeću, b)situacijski položaj glavnih cesta u Varaždinu u 15. stoljeću, c)situacijski položaj glavnih cesta u Varaždinu krajem srednjeg vijeka, d)današnji izgled Varaždina .....	4
Slika 4. Prikaz pozicija automatskih brojača prometa .....	6
Slika 5. Intenzitet prometa na određenim cestovnim pravcima .....	7
Slika 6. Pozicije i obuhvat snimanja prometa .....	8
Slika 7. Obuhvat kamera sa pozicija 1, 2, 3 .....	8
Slika 8. Brojčane oznake prometnih tokova.....	9
Slika 9. Grafički prikaz tokova na analiziranoj dionici u vremenu od 7:00 - 8:00 .....	11
Slika 10. Grafički prikaz tokova na analiziranoj dionici u vremenu od 16:00 - 17:00 .....	13
Slika 11. 3D simulacija sadašnjeg stanja cijele analizirane dionice u PTV Vissim programu	15
Slika 12. 3D simulacija sadašnjeg stanja u PTV Vissim programu .....	15
Slika 13. Konfliktne točke sadašnjeg stanja .....	17
Slika 14. Mapa rizika za D2 državnu cestu .....	19
Slika 15. Star Rating.....	20
Slika 16. Oznake glavnih elemenata turbo- kružnog raskrižja.....	22
Slika 17. Karakteristični radijusi za projektiranje turbo-kružnih raskrižja .....	22
Slika 18. Turbo-kružno raskrižje kod Supernove.....	24
Slika 19. Turbo-kružno raskrižje s novom prometnicom.....	25
Slika 20. GUP grada Varaždina .....	25
Slika 21. 3D model Varijante 1. u Vissim simulacijskom alatu .....	27
Slika 22. 3D model Varijante 2 u Vissim simulacijskom alatu .....	30
Slika 23. Podjela višekriterijskog odlučivanja .....	33
Slika 24. Hijerarhijska struktura AHP modela.....	36
Slika 25. Rangiranje kriterija .....	38
Slika 26. Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost u prometu.....	39
Slika 27. Rangiranje potkriterija kriterija kriterija ekološki i prostorno-urbanistički pokazatelji .....	40
Slika 28. Rangiranje potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke.....	41
Slika 29. Rangiranje potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke.....	42
Slika 30. Konfliktne točke Varijante 2 .....	43
Slika 31. Rangiranje varijanti prema podkriteriju broj konfliktnih točaka .....	44
Slika 32.Rangiranje varijanti prema podkriteriju broj presjecanja .....	45
Slika 33. Rangiranje varijanti prema podkriteriju broj zaustavljanja.....	45
Slika 34. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prenamjena zemljišta.....	46
Slika 35. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila.....	47
Slika 36. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prosječna brzina.....	48
Slika 37. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja.....	49
Slika 38. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja.....	50
Slika 39. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije.....	51
Slika 40. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi vremena čekanja.....	52
Slika 41. Relativne težine pojedinih varijanata prema kriterijima i potkriterijima .....	53
Slika 42. Rangiranje kriterija prije analize osjetljivosti .....	54
Slika 43. Rangiranje kriterija nakon analize osjetljivosti.....	54
Slika 44. Izbor optimalnog rješenja rekonstrukcije nakon analize osjetljivosti .....	55

## Popis tablica

Tablica 1. Podaci o brojanju prometa na analiziranoj dionici u vremenu od 7:00-8:00 .....	10
Tablica 2. Podaci o brojanju prometa na analiziranoj dionici u vremenu od 16:00-17:00 .....	12
Tablica 3. Izlazni podaci Vissim simulacijskog alata za sadašnje stanje .....	14
Tablica 4. Okvirni troškovi izgradnje varijante 1. ....	26
Tablica 5. Izlazni podaci Vissim simulacijskog alata za Varijantu 1.....	27
Tablica 6. Okvirni troškovnik izgradnje Varijante 2.....	28
Tablica 7. Izlazni podaci softverskog programa Vissim za Varijantu 2 .....	30
Tablica 8. SWOT analiza Varijante 1. ....	31
Tablica 9. SWOT analiza Varijante 2. ....	32
Tablica 10. Saaty-eva skala važnosti ocjene .....	35
Tablica 11. Rangiranje kriterija.....	38
Tablica 12. Rangiranje potkriterija kriterija sigurnost u prometu .....	39
Tablica 13. Rangiranje potkriterija kriterija ekološki i prostorno – urbanistički pokazatelji ..	40
Tablica 14. Rangiranje potkriterija kriterija tehničko–tehnološke značajke.....	41
Tablica 15. Rangiranje potkriterija kriterija ekonomski pokazatelji.....	42
Tablica 16. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj konfliktnih točaka .....	43
Tablica 17. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj konfliktnih točaka.....	44
Tablica 18. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj presjecanja.....	44
Tablica 19. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj presjecanja .....	44
Tablica 20. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja.....	45
Tablica 21. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj zaustavljanja .....	45
Tablica 22. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prenamjena zemljišta .....	46
Tablica 23. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju prenamjena zemljišta .....	46
Tablica 24. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila .....	47
Tablica 25. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj zaustavljanja vozila .....	47
Tablica 26. Rangiranje varijanti prema potkriteriju prosječna brzina .....	48
Tablica 27. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju prosječna brzina .....	48
Tablica 28. Rangiranje varijanti prema potkriteriju broj lijevih skretanja .....	49
Tablica 29. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju broj lijevih skretača.....	49
Tablica 30. Rangiranje varijanti prema potkriteriju LOS .....	50
Tablica 31. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju LOS .....	50
Tablica 32. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije .....	51
Tablica 33. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju troškovi rekonstrukcije.....	51
Tablica 34. Rangiranje varijanti prema potkriteriju troškovi vremena čekanja .....	52
Tablica 35. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju troškovi vremena čekanja .....	52

## **Popis grafikona**

Grafikon 1. Statistika prometnih nesreća u razdoblju od 2010. do 2014. godine .....	18
Grafikon 2. Prijedlozi izvora financiranja rekonstrukcije .....	56

## **Popis priloga:**

Prilog 1. Sadašnje stanje

Prilog 2. Varijanta 1

Prilog 3. Varijanta 2



FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI		
Višekriterijska analiza varijanata projekta rekonstrukcije dionice Optujske ulice u gradu Varaždinu		
Akademsko godina:	2014/15	Mjerilo: 1:2000
		Prilog broj: 1
Naziv priloga:	Sadašnje stanje	
Student:	Robert Košutar	Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić



FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI			
Višekriterijska analiza varijanata projekta rekonstrukcije dionice Optujske ulice u gradu Varaždinu			
Akademski godina:	2014/15	Mjerilo:	1:2000
		Prilog broj:	2
Naziv priloga:	Varijanta 1		
Student:	Robert Košutar	Mentor:	doc. dr. sc. Danijela Barić



FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI		
Višekriterijska analiza varijanata projekta rekonstrukcije dionice Optujske ulice u gradu Varaždinu		
Akademski godina:	2014/15	Mjerilo: 1:2000
		Prilog broj: 3
Naziv priloga:	Varijanta 2	
Student:	Robert Košutar	Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## METAPODACI

**Naslov rada:** Višekriterijska analiza varijanata projekta rekonstrukcije dionice Optujske ulice  
u gradu Varaždinu

**Autor:** Robert Košutar

**Mentor:** doc. dr. sc. Danijela Barić

### Naslov na drugom jeziku (engleski):

Multi Criteria Decision Making of Project Reconstructing on the Route of Optujska Street in  
the City of Varaždin

### Povjerenstvo za obranu:

- izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan, predsjednik
- doc. dr. sc. Danijela Barić, mentor
- dr. sc. Hrvoje Pilko, član
- izv. prof. dr. sc. Marijan Rajsman, zamjena

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

**Zavod:** Zavod za cestovni promet

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Naziv studijskog programa:** Promet

**Stupanj:** diplomski

**Akademski naziv:** mag. ing. traff.

**Datum obrane diplomskog rada:** 24.09.2015





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 **Višekriterijska analiza varijanata projekta rekonstrukcije dionice  
optujske ulice u gradu Varaždinu**

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

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 16.9.2015 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(potpis)