

Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići u Viškovu

Stepić, David

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:844542>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

David Stepić

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUKCIJE
RASKRIŽJA ŽUPANIJSKE CESTE 5025 I ULICE MARINIĆI U
VIŠKOVU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Zagreb, 19. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Vrednovanje cestovnih projekata**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3666

Pristupnik: **David Stepić (0242000839)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

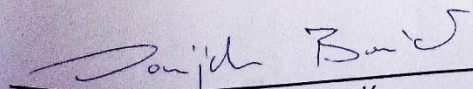
Zadatak: **Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići u Viškovu**

Opis zadatka:

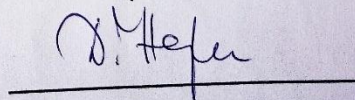
Istraživanje treba obuhvatiti analizu postojećeg stanja raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići u Viškovu. Temeljem provedene analize postojećeg stanja potrebno je predložiti moguće varijante za rekonstrukciju predmetnog raskrižja. Za predložene varijante potrebno je izraditi SWOT analizu, a 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. Nakon utvrđene optimalne varijante, potrebno je izraditi analizu osjetljivosti. Zaključno, autor treba dati svoj osvrt na izabrano optimalno rješenje dobiveno temeljem rezultata višekriterijske analize te predložiti izvor financiranja investicije.

Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2016.

Mentor:


doc. dr. sc. Danijela Barić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUCIJE RASKRIŽJA
ŽUPANIJSKE CESTE 5025 I ULICE MARINIĆI U VIŠKOVU**

**MULTI CRITERIA ANALYSIS OF THE RECNSTRUCTION VARIANTS OF THE
INTERSECTION ON THE COUNTY ROAD 5025 AND MARINIĆI STREET IN
VIŠKOVO**

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Barić

Student: David Stepić, 0242000839

Zagreb, 2016.

VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUCIJE RASKRIŽJA ŽUPANIJSKE CESTE 5025 I ULICE MARINIĆI U VIŠKOVU

SAŽETAK

Osnovna svrha raskrižja u cestovnoj mreži jest spajanje dviju ili više prometnica, te omogućavanje sigurnog i efikasnog prometnog povezivanja jednog mjesta s drugim. Temeljem toga na području raskrižja dolazi do međusobne interakcije između raznih sudionika u prometu, što za posljedicu ima nastanak konfliktnih i opasnih situacija. Ukoliko se analizom pokaže da određeni projektno-oblikovni elementi raskrižja ne zadovoljavaju postavljene standarde ili ako se uoči nastajanje većeg broja prometnih nesreća, mora se pristupiti rekonstrukciji istog raskrižja.

Tema ovoga rada jest detaljna analiza postojećeg stanja na raskrižju županijske ceste 5025 i ulice Marinići te na temelju provedene analize predložiti varijante rekonstrukcije. U radu su definirane tri varijante rekonstrukcije koje su simulirane u programskom alatu PTV Vissim te vrednovane postupcima višekriterijske analize. Nakon provedenih postupaka višekriterijske analize odabrana je optimalna varijanta te je provedena analiza osjetljivosti. Na kraju rada dan je osvrt glede izvora financiranja optimalnog projekta.

KLJUČNE RIJEČI: rekonstrukcija; raskrižje; višekriterijska analiza; SWOT analiza; AHP metoda; Vissim; simulacija; Expert Choice

MULTI CRITERIA ANALYSIS OF THE RECONSTRUCTION VARIANTS OF THE INTERSECTION ON THE COUNTY ROAD 5025 AND MARINIĆI STREET IN VIŠKOVO

SUMMARY

The main purpose of an intersection in the road network is the connection of two or more roads and the enabling of a safer and efficient traffic connection between two places. On this basis, the place of the intersection sees a mutual interaction between various participants in traffic, which can often result in conflicting and dangerous situations. If an analysis shows that certain elements (connected with the project itself and the design) of the intersection do not meet the set standards or if there is a notice of a higher frequency of traffic accidents, the next course of action must be the reconstruction of the very intersection.

The topic of this work is a detailed analysis on the current status of the intersection of the county road 5025 and Marinići street. The results of the analysis will provide the base for suggestions regarding the variants of the reconstruction. This work defines three variants of reconstruction which have been simulated in the "PTV Vissim" program and evaluated by the procedures of a multi-criteria analysis. After conducting the procedures of the multi-criteria analysis, the sensitivity analysis was conducted as it was chosen as the optimal variant. The end of the work is a review about the sources of financing the optimal project.

KEYWORDS: reconstruction; intersection; Multi-Criteria analysis; SWOT analysis; AHP method; Vissim; simulation; Expert Choice

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA U FUNKCIJI VREDNOVANJA PROJEKATA U PROMETU | 3 |
| 2.1. Osnovne postavke višekriterijskog odlučivanja..... | 3 |
| 2.1.1. Višeciljno odlučivanje | 3 |
| 2.1.2. Višekriterijska analiza (višeatributivno odlučivanje) | 4 |
| 2.2. Metode višekriterijske analize..... | 6 |
| 2.2.1. Metoda PROMETHEE | 6 |
| 2.2.2. Metoda ELECTRE | 7 |
| 2.2.3. Metoda AHP | 7 |
| 2.2.4. Metoda VIKOR | 10 |
| 2.3. Primjena metoda višekriterijske analize za rješavanje problema u prometu | 10 |
| 2.3.1. Transportni problem | 10 |
| 2.3.2. Primjena metode višekriterijske analize u prometnom planiranju | 12 |
| 2.3.2.1. Model izbora trase cestovne prometnice | 13 |
| 2.3.2.2. Model odabira trase željezničke pruge | 13 |
| 3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA ŽUPANIJSKE CESTE 5025 I ULICE MARINIĆI..... | 15 |
| 3.1. Analiza geoprometnog položaja općine Viškovo..... | 15 |
| 3.2. Analiza prostorno planske dokumentacije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići | 17 |
| 3.3. Analiza oblikovnih i sigurnosnih elemenata raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići | 18 |
| 3.4. Analiza postojećih prometnih tokova raskrižja županijske ceste 5026 i ulice Marinići..... | 22 |
| 3.4.1. Brojanje prometa u jutarnjem vršnom satu (6.30-7.30)..... | 25 |
| 3.4.2. Brojanje prometa u popodnevnom vršnom satu (15.30-16.30) | 28 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4. | DEFINIRANJE VARIJANATA ZA REKONSTRUKCIJU RASKRIŽJA | 33 |
| 4.1. | Prometna prognoza raskrižja za razdoblje od 5 godina..... | 33 |
| 4.2. | Varijanta 1 - klasično četverokrako raskrižje..... | 35 |
| 4.3. | Varijanta 2 - raskrižje upravljano prometnim svjetlima..... | 36 |
| 4.4. | Varijanta 3 - raskrižje s kružnim tokom prometa..... | 38 |
| 5. | IZRADA SIMULACIJSKIH MODELA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA U PROGRAMSKOM ALATU PTV VISSIM 8.0..... | 40 |
| 5.1. | Osnovne postavke simulacijskog alata PTV Vissim..... | 40 |
| 5.2. | Simulacijski model Varijante 1 | 41 |
| 5.3. | Simulacijski model Varijante 2 | 42 |
| 5.3. | Simulacijski model Varijante 3 | 44 |
| 6. | SWOT ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA 45 | |
| 6.1. | Osnovna obilježja SWOT analize | 45 |
| 6.2. | SWOT matrica Varijante 1..... | 46 |
| 6.3. | SWOT matrica Varijante 2..... | 46 |
| 6.4. | SWOT matrica Varijante 3..... | 47 |
| 7. | VREDNOVANJE VARIJANATA UPORABOM AHP METODE | 48 |
| 7.1. | Definiranje hijerarhijske strukture | 48 |
| 7.2. | Vrednovanje kriterija i potkriterija..... | 49 |
| 7.3.1. | Vrednovanje varijanata prema prometno-tehnološkim potkriterijima | 53 |
| 7.3.2. | Vrednovanje varijanata prema sigurnosnim potkriterijima | 56 |
| 7.3.3. | Vrednovanje varijanata prema ekonomskim potkriterijima | 60 |
| 7.3.4. | Vrednovanje varijanata prema ekološkim potkriterijima | 66 |
| 7.3.5. | Vrednovanje varijanata prema prostorno-urbanističkim potkriterijima | 68 |
| 7.3.6. | Vrednovanje varijanata prema kompleksnosti izvedbe | 69 |
| 8. | IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA I ANALIZA OSJETLJIVOSTI | 71 |
| 8.1. | Analiza osjetljivosti projekta..... | 71 |

| | |
|--|----|
| 8.2. Prijedlog financiranja projekta | 73 |
| 9. ZAKLJUČAK..... | 74 |
| POPIS LITERATURE..... | 75 |
| POPIS TABLICA | 76 |
| POPIS SLIKA..... | 78 |
| POPIS GRAFIKONA | 80 |
| POPIS PRILOGA | 81 |

1.UVOD

Detaljnou analizom postojećeg stanja na raskrižju županijske ceste 5025 i ulice Marinići uočeni su mnogi projektno-oblikovni elementi koji su nepravilno projektirani. Također, uočeno je svakodnevno nastajanje opasnih situacija na području raskrižja. Temeljem toga, u ovome radu predložit će se tri varijante rekonstrukcije raskrižja. Nove varijante predstavljati će sigurno i efikasno rješenje pomoću kojih će se eliminirati uočeni problemi.

Temeljni cilj ovog diplomskog rada je odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići u Viškovu na temelju provedenih postupaka višekriterijske analize. Svrha ovog istraživanja je odrediti optimalno rješenje projekta rekonstrukcije raskrižja s ciljem povećanja protočnosti, odnosno povećanja stupnja sigurnosti odvijanja prijevoznog procesa kroz raskrižje.

Diplomski rad je podijeljen u 9 poglavlja:

1. Uvod
2. Višekriterijska analiza u funkciji vrednovanja projekata u prometu
3. Analiza postojećeg stanja raskrižja županijske ceste i ulice Marinići
4. Definiranje varijanata za rekonstrukciju raskrižja
5. Izrada simulacijskih modela rekonstrukcije raskrižja u programskom alatu PTV Vissim
6. SWOT analiza predloženih varijanata rekonstrukcije raskrižja
7. Vrednovanje varijanta uporabom AHP metode
8. Izbor optimalnog rješenja i analiza osjetljivosti
9. Zaključak

U prvome poglavlju opisana je tema i problematika predmeta istraživanja.

U drugom poglavlju dat je uvid u metode višekriterijske analize te je opisan način primjene metoda za rješavanje problema u prometu.

U trećem poglavlju dat je detaljan prikaz stvarnog stanja na raskrižju. Odnosno analizirani su postojeći projektno-oblikovni elementi, analizirana je postojeća prostorna dokumentacija kao i postojeći prometni tokovi na temelju kojih su se definirale varijante rekonstrukcije.

U četvrtome poglavlju definirana je prometna prognoza raskrižja za razdoblje od pet godina te su definirane varijante rekonstrukcije raskrižja u programskom alatu AutoCAD.

U petome poglavlju izvršena je 3D simulacija predloženih varijanata u programskom alatu PTV Vissim na temelju kojih se je procijenila učinkovitost pojedine investicije.

U šestome poglavlju izrađene su SWOT matrice na temelju kojih su uočene jakosti, nedostaci, prilike i prijetnje svake varijante.

U sedmome poglavlju proveden je postupak definiranja kriterija i potkriterija te njihovo vrednovanje AHP metodom na temelju kojih je doneseno optimalno rješenje rekonstrukcije.

U osmom poglavlju obrazloženo je optimalno rješenje te je provedena analiza osjetljivosti, donesen je i prijedlog financiranja investicije.

U devetom poglavlju donesena su zaključna razmatranja te osvrt autora na izabrano optimalno rješenje.

2. VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA U FUNKCIJI VREDNOVANJA PROJEKATA U PROMETU

2.1. Osnovne postavke višekriterijskog odlučivanja

Višekriterijska analiza je matematički postupak koji je sastavni dio višekriterijskog odlučivanja. Glavna karakteristika višekriterijskog odlučivanja je ta da se koristi za rješavanje vrlo složenih i kompleksnih problema odlučivanja. Jedan takav i vrlo složen problem je donošenje investicijske odluke u prometu. U procesu donošenja investicijske odluke za rješavanje određenog problema u prometu obično sudjeluje tim od nekoliko stručnjaka koji su specijalizirani za pojedino područje. Najčešće u početnim fazama prometnog planiranja sudjeluju: inženjeri građevinarstva, arhitekture, strojarstva, cestovnog prometa, geodezije i slično. Budući da konačnu odluku zajednički donosi tim stručnjaka, a ne pojedina osoba, problem donošenja investicijske odluke postaje loše strukturiran i teško obradiv. Upravo iz toga razloga javila se potreba za korištenjem metoda koje će efikasno i brzo obrađivati prikupljene podatke i na temelju kojih će se u konačnici donijeti optimalna odluka [1].

Višekriterijsko odlučivanje sastoji se od dvije podskupine: višeciljnog odlučivanja i višekriterijske analize. Podjelu višekriterijskog odlučivanja može se vidjeti na Slici 1.



Slika 1. Podjela višekriterijskog odlučivanja [1]

2.1.1. Višeciljno odlučivanje

Metoda višeciljnog odlučivanja najčešće se koristi za maksimizaciju više konačnih funkcija cilja.

Matematički model višeciljnog odlučivanja glasi [1]:

$$\max \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}$$

uz ograničenja:

$$g_j(x) \leq 0$$

objašnjenje pojmova:

$f_i(x)$ - funkcije cilja, $i=1,2, \dots,k$

$g_j(x)$ - ograničenja, $j=1,2, \dots,m$

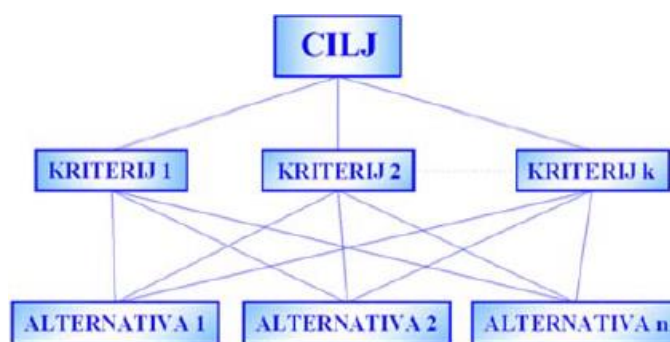
k - broj funkcija cilja, $k \in \mathbb{N}$, $k \geq 2$

x - n -dimenzionalni vektor, $x_j \geq 0$, $i = 1, 2, \dots, n$

Ova metoda najčešće se koristi pri rješavanju tzv. “dobro“ strukturiranih problema, odnosno kod problema kao što su jednostavni linearni modeli optimizacije. Ova metoda teško je primjenjiva u rješavanju prometnih problema te se njezina uporaba pri rješavanju takvih problema najčešće izbjegava.

2.1.2. Višekriterijska analiza (višeatributivno odlučivanje)

Višekriterijska analiza je matematički postupak koji se najčešće koristi za rješavanje “loše“ strukturiranih problema. Jedna od glavnih karakteristika ove metode je ta da je u mogućnosti koristiti podatke koji se ne mogu izraziti u brojčanome smislu. Osnovnu strukturu višekriterijske analize čine: cilj, varijante (alternative¹) i kriteriji odnosno atributi. Na Slici 2. prikazan je jednostavan model višekriterijske analize.



Slika 2. Hijerarhijska struktura jednostavnog modela višekriterijske analize [2]

Prema prikazanome modelu može se definirati jednostavni matematički model višekriterijske analize [1]:

$$\max\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\}, k \geq 2$$

¹ alternativa (lat.) - izbor između dvaju ili više rješenja.

uz ograničenja:

$$x \in A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$$

objašnjenje pojmova:

k- broj kriterija, $j=1, 2, \dots, k$

m- broj varijanata, $i=1, 2, \dots, m$

f_j - kriteriji, $j=1, 2, \dots, k$

a_i - varijante za razmatranje, $i=1, 2, \dots, m$

A- skup svih mogućih varijanata

Pristup rješavanju određenog problema višekriterijskom analizom može se izvršiti na nekoliko načina. U nastavku rada navedeni su neki osnovni načini rješavanja problema.

1. način: rangiranje varijanata od najbolje do najlošije
2. način: izbor jedne varijante za koju se pretpostavlja da je najbolje moguće rješenje
3. način: izbor unaprijed određenih varijanata
4. način: izbor varijanata koje zadovoljavaju neke unaprijed definirane uvjete

Izbor načina na koji će se definirati i usvajati pojedine varijante najviše ovisi o prirodi problema koji se promatra. Nakon određivanja pristupa rješavanju problema definiraju se skupovi varijanata. Skup varijanata može se zadati na dva načina:

1. Fiksni skup varijanata - varijante koje se neće mijenjati tijekom procesa odlučivanja.
2. Varijabilni skup varijanata - varijante koje se mogu, ali i ne moraju mijenjati tijekom procesa odlučivanja.

Pri rješavanju složenih prometnih problema varijante se najčešće definiraju varijabilnim putem. Nakon definiranja varijanata, definiraju se kriteriji koji mogu biti kvalitativne i kvantitativne prirode. Važno je napomenuti da se kriteriji pažljivo moraju definirati jer će u najvećoj mjeri oni utjecati na izbor konačnog rješenja. Stoga je vrlo važno da kriterije i varijante definira osoba visokog stručnog znanja iz promatranog područja. Ukoliko se u postupku rješavanja problema uoči da su neki od kriterija nemjerljive prirode, kao

npr. vrlo veliki ili vrlo mali brojevi, nužno je pristupiti procesu transformacije² kriterija kako bi promatrani problem bio rješiv.

2.2. Metode višekriterijske analize

Da bi se uspješno primijenile zakonitosti višekriterijske analize mora se koristiti odgovarajuća metoda. Tijekom godina znanstvenici i inženjeri pokušavali su koristiti razne metode višekriterijske analize koje bi im olakšale cjelokupni proces donošenja odluke. Opća podjela metoda ne postoji već se one isključivo dijele prema načinu rješavanja problema i vrsti problema koji se promatra. U literaturi se metode najčešće definiraju prema načinu uključivanja donositelja odluke u sami proces odlučivanja. Neke od osnovnih metoda bit će prikazane u nastavku rada.

Najčešća podjela metoda višekriterijske analize [3]:

1. interaktivne metode
2. stohastičke metode
3. metode za određivanje efikasnog rješenja
4. metode s unaprijed zadanom preferencijskom strukturom
5. metode kompromisnog programiranja

U nastavku rada opisać će se neke od najpoznatijih metoda višekriterijske analize koje se u praksi koriste, a to su metoda PROMETHEE, metoda ELECTRE, metoda AHP i metoda VIKOR.

2.2.1. Metoda PROMETHEE

Metoda PROMETHEE (*eng. Preference Ranking Organization METHods for Evaluation*) pripada u skupinu metoda za višekriterijsko odlučivanje u skupu varijanata opisanih s više atributa. Metodu je 1982. godine razvio Jean-Pierre Brans u Francuskoj. Već tada metoda se počinje koristiti za donošenje odluka u farmaceutskoj industriji. Do danas su se razvile četiri podvrste PROMETHEE metode od kojih se aktivno u praksi koriste PROMETHEE 1 i PROMETHEE 2 metoda. Postupak kreiranja PROMETHEE modela sastoji se od 3 osnovna koraka:

1. Određivanje višekriterijskog indeksa preferencije³
-vrši se jednokriterijsko uspoređivanje varijanata
2. Određivanje neto toka

² Najčešće se koristi linearna skala transformacije s vrijednostima od 0-10, gdje 0 predstavlja najnižu kvalitetu kriterija, a broj 10 najvišu kvalitetu kriterija.

³ preferencija (lat.) - davanje prednosti, ili prvenstva.

-zbroj višekriterijskih indeksa preferencije na temelju kojeg se određuje važnost varijanata

3. Definiranje potpunog poredka preferencije

-određuje se konačan poredak varijanata prema preferencijama osobe koja odlučuje o problemu

Ove metode rijetko se koriste za rješavanje problema u prometu. Najčešće se koriste za rješavanje problema izraženih u brojčanim iznosima kao što su: vrijednosti investicija, dimenzije proizvoda i slično.

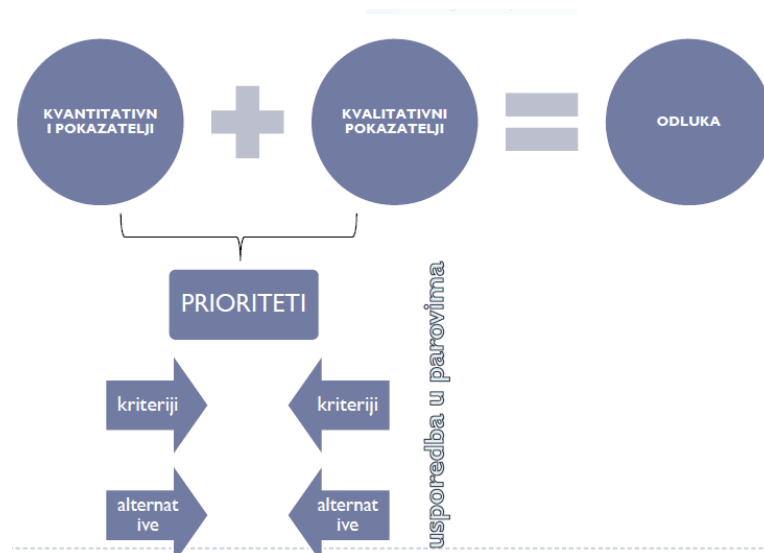
2.2.2. Metoda ELECTRE

Metoda ELECTRE (eng. *ELimination Et Choice TRanslating REality*) koristi se pri parcijalnom uređenju skupa mogućih rješenja na temelju preferencije donositelja odluke. Metodu je razvila europska savjetodavna kompanija SEMA 1956. godine. Metoda se najčešće koristi kada donositelj odluke želi u model odlučivanja uključiti barem tri kriterija. Najprije se definiraju težine varijanata u omjernoj skali koji se kasnije uspoređuju u parovima. Potom se određuje razina nesuglasnosti prema kojima se težina pojedinih varijanti razlikuje. Obično se u literaturi za ovu metodu koristi naziv analiza suglasnosti. Razvijene su četiri podvrste te metode, a aktivno se koriste ELECTRE 1 i ELECTRE 2 metoda. Metoda ELECTRE danas se najčešće koristi u području operacijskih istraživanja.

2.2.3. Metoda AHP

Metodu AHP (eng. *Analytic Hierarchy Process*) razvio je Thomas Saaty⁴ 70 – ih godina 20. stoljeća. Riječ je jednoj od najčešće korištenih metoda višekriterijske analize. Vrlo je primjenjiva za rješavanje vrlo kompleksnih problema odlučivanja. Jedna od glavnih prednosti ove metode je mogućnost lake prilagodbe (u smislu postavljenih ograničenja odnosno atributa i alternativa o kojima se trenutno odlučuje). Također, vrlo se jednostavno mogu uspoređivati kvalitativni i kvantitativni prikupljeni podaci. Na Slici 3. mogu se vidjeti neke od osnovnih značajki AHP metode.

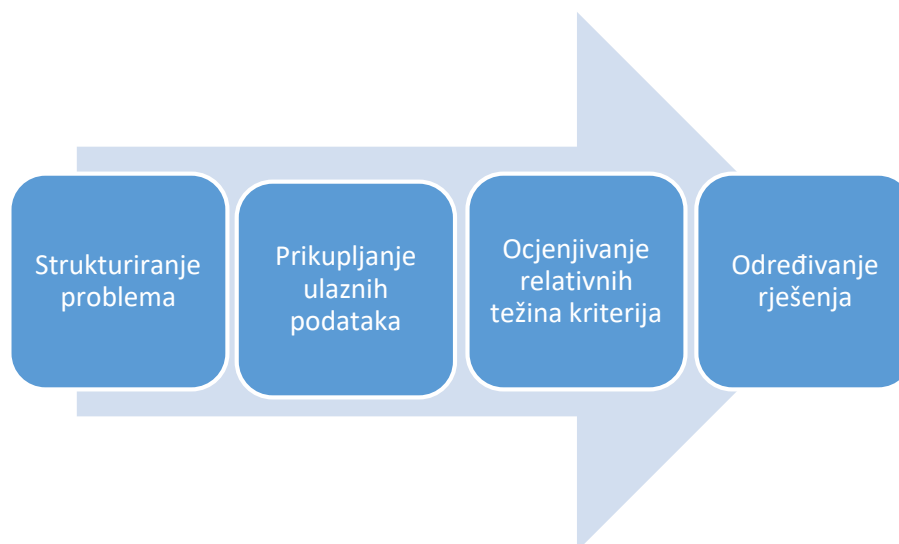
⁴ Thomas Saaty- Sveučilišni profesor (Sveučilište u Pittsburghu).



Slika 3. Osnovne značajke AHP modela [2]

Proces donošenja odluke AHP metodom sastoji se od četiri osnovna koraka:

1. strukturiranje problema
2. prikupljanje ulaznih podataka
3. ocjenjivanje relativnih težina kriterija
4. određivanje rješenja i donošenje odluke

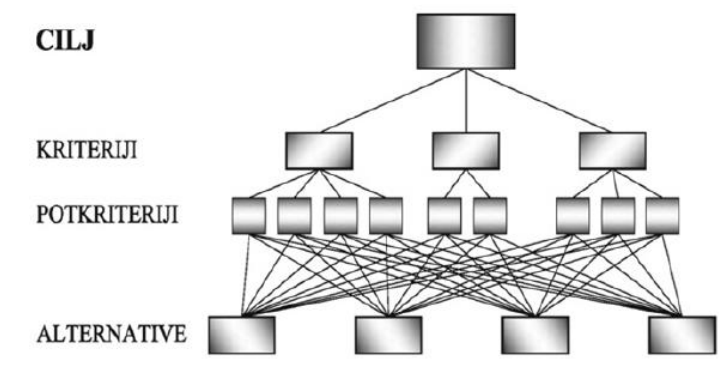


Slika 4. Proces donošenja odluke AHP metodom [2]

Primjena AHP modela prisutna je u rješavanju jednostavnih, ali i složenih problema odlučivanja. Neki od njih su: problemi vezani uz odabir studija, proces odabira zaposlenika, ocjenjivanje kvalitete softvera, izbor luke nautičkog turizma i slično.

Primjena AHP modela može se sažeti u nekoliko osnovnih koraka [4]:

1. **Korak:** U prvome koraku određuje se hijerarhijska struktura modela koji se proučava na način da se određuju cilj, kriteriji, potkriteriji i u konačnici varijante. Na Slici 5 može se vidjeti složeni hijerarhijski model AHP metode.



Slika 5. Hijerarhijska struktura AHP modela [2]

2. **Korak:** Provodi se uspoređivanje parova atributa (varijanata i kriterija) na svakoj hijerarhijskoj razini. Donositelj odluke određuje kojoj pojedinoj varijanti daje prednost ili obje predložene varijante smatra jednako bitnima. Nakon određivanja prednosti, donositelj odluke dodjeljuje težinske faktore svakoj pojedinoj varijanti prema Saatyevoj omjernoj skali koja je prikazana na Slici 6. Vrlo je važno da donositelj odluke bude konzistentan⁵ pri dodjeljivanju ocjena pojedinom kriteriju odnosno varijanti.

| Intenzitet važnosti | Skala | Objašnjenje |
|---------------------|-------------------------------|--|
| 1 | Jednako važno | Dva atributa jednako pridonose cilju |
| 3 | Umjereno važnije | Umjeren 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 |

Slika 6. Saatyeva omjerna skala [2]

⁵ Konzistentnost- veličina koja nam izražava u kolikoj mjeri su logično postavljene omjere parova kriterija odnosno alternativa. Pri izračunu mora biti manja od 0.1 odnosno 10%.

3. **Korak:** Određuju se lokalne težina kriterija, potkriterija i varijanata. Nakon određivanja težina na lokalnoj razini određuje se ukupna težina varijanata. Ukupna težina varijanata određuje se na način da se lokalne težine ponderiraju s težinama svih čvorova kojima pripadaju.
4. **Korak:** Vršiti se provjera konzistencije pomoću indeksa i omjera konzistencije.
5. **Korak:** Provodi se analiza osjetljivosti. Analiza osjetljivosti ukazuje nam u kojoj mjeri bi se promijenili omjeri varijanata ukoliko bi došlo do mijenjanja ukupnih težina varijanata. Analiza osjetljivosti detaljno će biti opisana na primjeru konkretnog problema u 8. poglavlju ovoga rada.

2.2.4. Metoda VIKOR

Metoda VIKOR primjenjuje se kada donositelj odluke nema stvarnu viziju za rješavanje određenog problema. Može se reći da metoda VIKOR zapravo stvara kompromis između želja donositelja odluke s realnim mogućnostima koje su trenutno dostupne za rješavanje određenog problema. Ova metoda najčešće se koristi za rješavanje kvantitativnih problema odlučivanja. Najčešće je koriste ekonomisti za izračunavanje dobiti.

2.3. Primjena metoda višekriterijske analize za rješavanje problema u prometu

Metode višekriterijske analize doživjele su svoju široku primjenu za rješavanje problema u prometu i transportu. Neke od značajnijih vrsta su transportni problemi i problemi prometnog planiranja.

2.3.1. Transportni problem

Transport je premještanje robe, putnika ili nekog drugog transportnog supstrata s jednog mjesta na drugo uz korištenje manipulativnih radnji kao što su: ukrcaj, iskrcaj, utovar, istovar i slično. Pri definiranju transportnog problema definiraju se razna ograničenja koja u ovome slučaju predstavljaju kriterijske funkcije koje se nastoje minimizirati. Ukoliko se uoči jedan jedinstveni glavni kriterij taj problem pripada u skupinu jednokriterijskih problema, a ako je uočeno više kriterija onda takav problem smatramo višekriterijskim problemom odlučivanja.

2.3.1.1. Jednokriterijski transportni problem

Najčešće se pri izučavanju transportnog problema definira jednokriterijska funkcija koja se nastoji minimizirati. Ukoliko se govori o jednokriterijskoj funkciji transportnog problema najčešće je taj kriterij novac odnosno troškovi transporta. Obično se pri definiranju jednokriterijskog transportnog problema definira ishodišna i odredišna destinacija, količina robe koja se planira prevoziti te cijena transporta. Ovi elementi nastoje se sjediniti u

jednokriterijsku funkciju koja se u konačnici nastoji optimizirati. U Formuli 3 može se vidjeti matematički zapis jednokriterijskog transportnog problema.

Matematički zapis jednokriterijskog transportnog problema glasi [2]:

$$\min \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n C_{ij} X_{ij} \quad (3)$$

objašnjenje pojmova:

i- ishodišna lokacija

j- odredišna lokacija

c- cijena transporta transportnog supstrata od ishodišta do odredišta

x- količina robe koje se prevozi

Ova formula vrijedi jedino u slučaju kada je zadovoljen uvjet ravnoteže koji je prikazan u Formuli 4.

Formula uvjeta ravnoteža glasi [2]:

$$\sum_{i=0}^m a_i > \sum_{j=0}^n b_j \quad (4)$$

Ovaj uvjet nam dokazuje da je proizvodnja veća od potrošnje, odnosno da je ponuda veća od potražnje. U slučaju obrnute situacije transportni problem postao bi nerješiv te bi se za njegovo rješavanje moralo koristiti drugu metodu.

2.3.1.2. Višekriterijski transportni problem

Višekriterijski transportni problem nastaje kada se za rješavanje ciljne funkcije dodaju dodatna ograničenja, kao što su: vrijeme transporta, broj vozača i prijevoznih sredstva. Ovaj model najčešće se koristi za rješavanje problema vezanih uz izbor prijevoznog sredstva koji će biti u mogućnosti zadovoljiti nastalu prijevoznu potražnju. U nastavku će biti prikazane formule prema kojima se računa problem odabira prijevoznog sredstva. Najčešće se definiraju tri funkcije cilja f_1 , f_2 te f_3 koje se nastoje minimizirati.

Matematički zapis višekriterijskog transportnog problema glasi [2]:

$$f_1(x) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n x_{ij}$$

$$f_2(x) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n x_{ij} * c_j$$

$$f_3(x) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n x_{ij} * q_j$$

(5)

objašnjenje pojmova:

q_j - prosječna nazivna nosivost prijevoznog sredstva

c_j - ukupni troškovi prijevoza

x_{ij} - ukupni broj vozila koji će prevoziti robu

Funkcija f_1 nastoji minimizirati ukupan broj korištenih vozila. Funkcija f_2 nastoji minimizirati ukupne troškove, a funkcija f_3 nastoji minimizirati prosječnu nosivost vozila. Ukoliko se sve tri funkcije uspješno minimiziraju može se reći da je proučavani problem dobro strukturiran, odnosno da su jasno definirani cilj, kriteriji, ograničenja i varijante.

2.3.2. Primjena metode višekriterijske analize u prometnom planiranju

Prometno planiranje vrlo je složena radnja, a pod njime podrazumijevamo analizu postojećeg stanja, prognoze prometa, modele prostorne razdiobe putovanja, modele dodjeljivanja putovanja na mrežu prometnica i slično. Budući da je riječ o složenim procesima, proces donošenja odluke višekriterijskom analizom podijeljen je na tri osnovna koraka [2]:

1. određivanje varijanata
2. vrednovanje varijanata
3. donošenje optimalne odluke

Određivanje varijanata određuje se na temelju analize postojećeg stanja i prognoze prometa. Određivanje varijanata ovisi o ograničenjima kao što su ekonomska, prostorna, pravna i ekološka ograničenja. Prije postupaka vrednovanja mogućih varijanata nužno je definiranje realnih rješenja koja će u potpunosti moći zadovoljiti planiranu prijevoznu potražnju. Nakon toga u procesu vrednovanja projekta u prometu definiraju se kriteriji koji se mogu svrstati u četiri osnovne grupe:

1. ekonomski kriteriji
2. funkcija puta
3. sigurnost u prometu
4. utjecaj na okoliš

U nastavku rada bit će prikazani modeli odabira optimalne trase ceste i željezničke pruge kao najzastupljeniji modeli prometnog planiranja.

2.3.2.1. Model izbora trase cestovne prometnice

Najčešće se u početnim koracima prometnog planiranja izgradnje trase ceste definiraju početne i završne točke cestovne prometnice. Nakon toga slijedi definiranje kriterija koji se dijele u sedam osnovnih skupina:

1. troškovi izgradnje
2. stabilnost trase
3. ulaganje u stabilnost trase
4. prostorno ekološke posljedice
5. povezanost sa sadašnjim i budućim objektima
6. eksploatacijski parametri
7. sigurnost i udobnost prometa

Osnovne podjele u praksi se najčešće proširuju dodatnim kriterijima koji olakšavaju proces donošenja odluke. Neki od njih su minimizacija troškova izgradnje, maksimizacija stabilnosti izgradnje, minimizacija ekoloških uvjeta i maksimizacija povezanosti s drugim cestovnim trasama. Nakon prikupljenih podataka i definiranja kriterija vrši se vrednovanje varijanata i odabir optimalnog rješenja.

2.3.2.2. Model odabira trase željezničke pruge

Na sličan način kao i za odabir trase cestovne prometnice, pri odabiru trase željezničke pruge u prvome koraku definiraju se početne i završne točke trase pruge. Nakon toga se pristupa prikupljanju podataka i definiranju kriterija. Navedeni kriteriji moraju zadovoljavati osnovne zahtjeve prijevoza željeznicom kao što su dostatan kapacitet, minimalno vozno vrijeme, udoban i komforan prijevoz te troškovi izgradnje.

Nakon definiranja kriterija, određuje se kriterijski skup koji je podijeljen u sedam osnovnih skupina:

1. investicijski troškovi
2. vrijeme izgradnje
3. geološki uvjeti

4. kapacitet pruge
5. eksploatacijski troškovi
6. zaštita okolnog prostora
7. prostorno urbanistički utjecaj

Nakon definiranja kriterijskog skupa vrši se vrednovanje varijanata uporabom odgovarajuće metode višekriterijske analize.

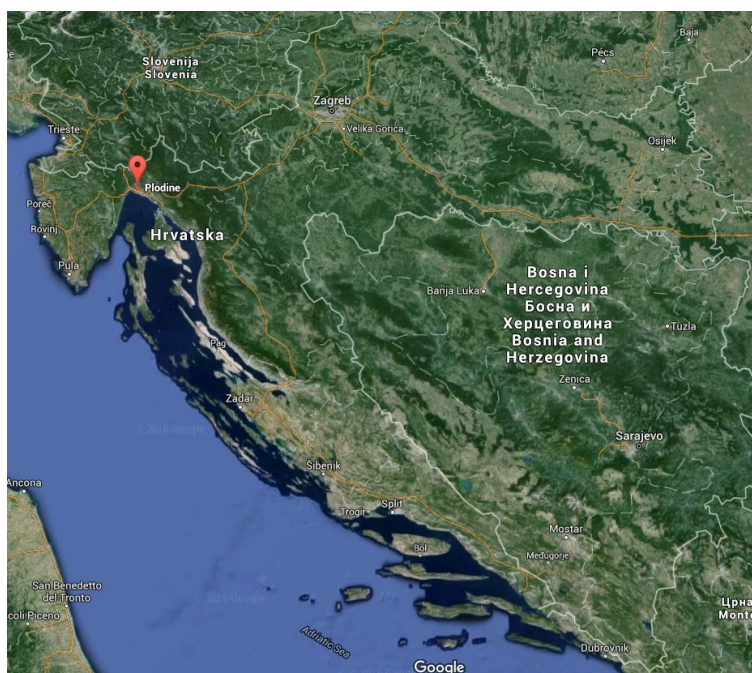
Važno je napomenuti da je željeznički sustav znatno manje kompleksan za izradu prometnih planova jer ne dolazi do interakcije raznih modova prijevoza i učesnika u prometu kao što je to slučaj kod cestovnog prometnog sustava.

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA RASKRIŽJA ŽUPANIJSKE CESTE 5025 I ULICE MARINIĆI

Analiza postojećeg stanja je analiza svih bitnih elemenata za sigurno i efikasno odvijanje prometnog procesa na određenom prostoru, gradu ili županiji. Postupak analize postojećeg stanja potrebno je provoditi kako bi se dobio uvid u sadašnje stanje prometnog sustava, ali i zbog uočavanja problema koji otežavaju efikasno i sigurno odvijanje prijevoznog procesa. U nastavku rada analizirat će se osnovni elementi pomoću kojih će biti omogućen detaljan uvid u stanje na postojećem raskrižju, ali i u njegovu funkciju.

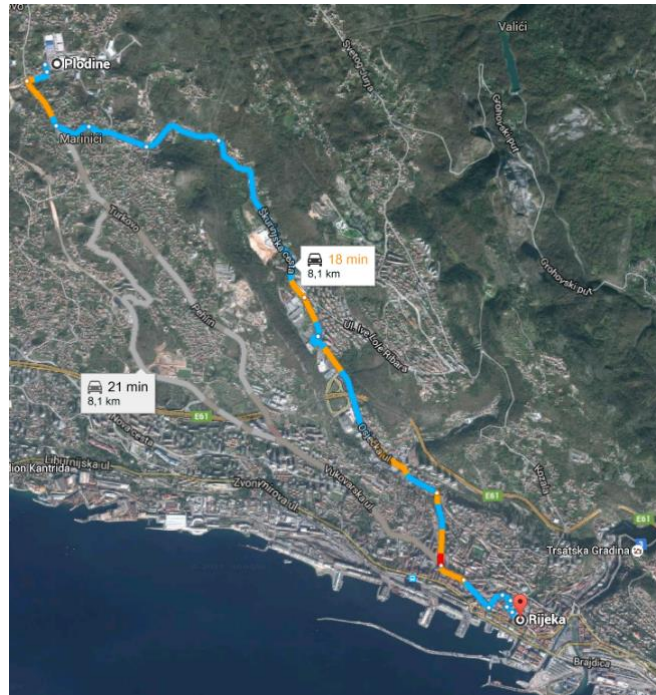
3.1. Analiza geoprometnog položaja općine Viškovo

Općina Viškovo nalazi se u Primorsko goranskoj županiji i jedna je od najvećih općina na tome području. Na Slici 7. može se vidjeti makro lokacija Općine Viškovo.



Slika 7. Prikaz makro lokacije Viškova [5]

Predmetno raskrižje koje će se obrađivati u ovome radu smješteno je na sjeveru grada Rijeke, a od centra grada je udaljeno svega osam kilometara. Na Slici 8. može se vidjeti položaj predmetnog raskrižja u odnosu na centar grada Rijeke.



Slika 8. Položaj Viškova u odnosu na centar grada Rijeke [5]

Položaj općine Viškovo izrazito je povoljan s obzirom na longitudinalni Mediteranski koridor TEN-T europske prometne mreže. Naime, Mediteranski TEN-T koridor povezuje istok Europe s lukom Rijeka, odnosno Slovenijom. Mediteranski TEN-T koridor prolazi kroz Budimpeštu, preko Zagreba do Rijeke odnosno Ljubljane. Budući da se općina Viškovo nalazi u neposrednoj blizini graničnog prijelaza između Republike Slovenije i Republike Hrvatske značaj samog koridora za razvoj toga prostora od iznimne je važnosti. Na Slici 9. , može se vidjeti pružanje Mediteranskog TEN-T koridora.



Slika 9. Prikaz Mediteranskog TEN-T koridora na prostoru Hrvatske [6]

Na Slici 9. može se vidjeti da navedeni TEN-T koridor čini mreža cestovnih prometnica i mreža željezničkih pruga. Važno je napomenuti da je glavni naglasak na ovome koridoru dan luci Rijeka, kao najvećoj pomorskoj luci Republike Hrvatske.

U blizini centra Općine Viškovo proteže se autocesta A7, odnosno dionica autoceste GP Rupa - Matulji koja je povezana s Istarskim Ipsilonom odnosno a autocestom A8 i s riječkom zaobilaznicom odnosno s autocestom A6. Autocesta A6 Rijeka - Zagreb čini Općinu Viškovo izrazito povezanu s drugim glavnim auto cestovnim pravcima, odnosno s unutrašnjošću Hrvatske i sa Zagrebom, a preko cestovnog čvorišta Bosiljevo s jugom Hrvatske.

3.2. Analiza prostorno planske dokumentacije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići

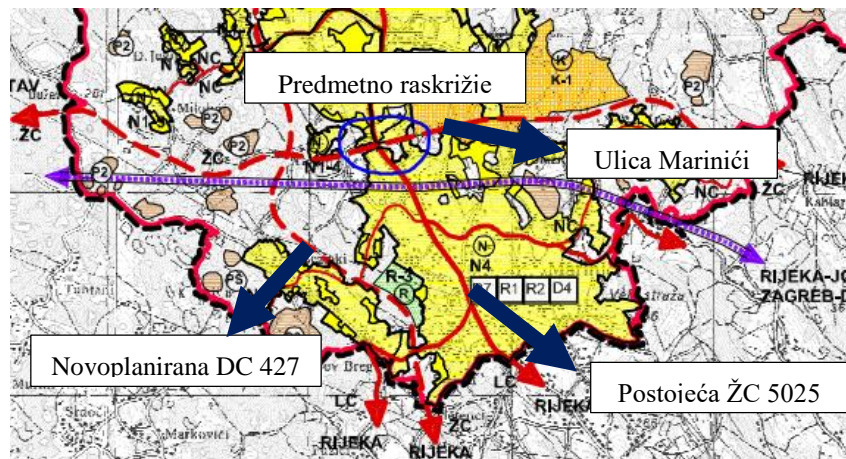
Dokumenti prostornog uređenja su dokumenti kojima se definiraju pravila uređenja u prostoru, odnosno pravila kojima se osigurava praćenje stanja u prostoru. Dokumenti prostornog uređenja najčešće se donose na 3 razine:

1. državna razina (strategije prostornog razvoja Republike Hrvatske)
2. regionalna razina (prostorni planovi županije, odnosno velikog grada)
3. lokalna razina (urbanistički planovi uređenja, detaljni planovi uređenja)

Pri analizi postojećeg stanja potrebno je detaljno ispitati postojeću prostorno plansku dokumentaciju, a ukoliko se uoče nepravilnosti i zastarjelost dokumenta potrebno je predložiti

njihovu dopunu odnosno izdavanje novog dokumenta. Prostorni planovi imaju izrazitu važnost pri donošenju investicijske odluke u prometu. Upravo u tim planovima može se vidjeti namjena površina, te ograničenja prostora na temelju kojih se prilagođavaju novo predložena rješenja. Prostorni planovi se najčešće sagledavaju prije izrade prometne studije ili prije donošenja idejnog prometnog rješenja.

Općina Viškovo ima donesen i trenutno aktualan prostorni plan uređenja (PPU) koji je relativno zastarjelog datuma iz 2007. godine. Ovim dokumentom planira se izgradnja dodatnog četvrtog privoza na raskrižju županijske ceste 5025 i ulice Marinići. Na Slici 10. može se vidjeti prikaz prostornog plana uređenja Općine Viškovo. Plavom bojom, zaokruženo, prikazan je položaj predmetnog raskrižja za koje će se predložiti varijantna rješenja rekonstrukcije. Može se vidjeti da se na predmetno raskrižje planira spojiti nova državna cesta DC 427 koja je na slici označena isprekidanom crvenom bojom.



Slika 10. Prostorni plan uređenja Općine Viškovo [7]

3.3. Analiza oblikovnih i sigurnosnih elemenata raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići

Raskrižje čini glavna prometnica (županijska cesta 5025) koja povezuje centar grada Rijeke i sporedna prometnica (ulica Marinići), koja povezuje poslovnu zonu. Na Slici 11. prikazan je tlocrtni prikaz navedenog raskrižja.



Slika 11. Tlocrtni prikaz raskrižja

Iz priložene Slike 11. može se vidjeti da se predmetno raskrižje nalazi unutar naseljenog mjesta. U blizini su izgrađeni poslovni objekti te privatne kuće i stanovi koji predstavljaju ograničenja u pogledu projektiranja. Prema broju privoza, raskrižje spada u skupinu trokrakih raskrižja. Os sporednog privoza spaja se na glavnu prometnicu pod kutem od 90°. Smjer sjever - jug čini županijska cesta 5025, a istočni privoz čini ulica Marinići. Županijska cesta pripada u skupinu srednje opterećenih prometnica. Prema podacima o brojanju prometa iz 2014. godine, PGDP⁶ županijske ceste 5025 iznosio je 6269 vozila [4], što će predstavljati osnovu pri donošenju novih oblikovnih elemenata. Predmetno raskrižje prema svojim sigurnosno-oblikovnim elementima ne pruža dostatnu razinu usluge te će se iz toga razloga projektirati nova oblikovna rješenja.

Sjeverni privoz (3) nalazi se na glavnom prometnom pravcu i izrazito je opterećen. Sastoji se od prolaznog traka i traka za lijevo skretanje. Uočeno je da je trak za lijevo skretanje nepravilno projektiran, odnosno njegova dužina iznosi manje od pet metara, a širina je manja od minimalna tri metra, što predstavlja poteškoću prometovanja mjerodavnih vozila koje u

⁶ PGDP- Prosječan godišnji dnevni promet

ovom slučaju čini kamion s prikolicom te se samim time povećava mogućnost od nastanka prometne nesreće. Na sjevernom privozu nije projektiran pješački prijelaz, a budući da se ovim raskrižjem kreće veći broj pješaka nedostatak pješačkog prijelaza smanjuje razinu sigurnosti pješaka pri prijelazu kolnika. Također, na sjevernom privozu uočena je nepravilno postavljena prometna vertikalna signalizacija, odnosno nepotrebno su postavljena dva prometna znaka ograničenja brzine (B31). Na Slici 12. može se vidjeti preglednost privoza iz smjera sjevera.



Slika 12. Preglednost privoza iz smjera sjevera

Južni privoz (1) također se nalazi na glavnom prometnom smjeru. Sastoji se od zajedničkog prolaznog traka i traka za desno skretanje. Na ovome privozu projektiran je i iscertan pješački prijelaz koji je prilično udaljen od područja raskrižja. Analizom je uočena nepravilno postavljena vertikalna signalizacija koja označuje pješački prijelaz preko kolnika (C02). Na Slici 13. prikazana je preglednost privoza iz smjera juga.



Slika 13. Preglednost privoza iz smjera juga

Istočni prvoz (2) spaja poslovnu zonu sa županijskom cestom 5025. Sastoji se od zajedničkog traka za lijevo i desno skretanje. Na istočnom privozu projektiran je pješački prijelaz koji nije pravilno označen horizontalnom prometnom signalizacijom. Na istočnom privozu projektiran je prometni otok oblika kaplje na kojem nedostaje vertikalna signalizacija, a ujedno je izrazito nespretno pri prijelazu pješaka preko kolnika. Uočeno je da je vertikalni znak stop (B02) postavljen znatno prije zaustavne linije, odnosno može se primijetiti neusklađenost vertikalne i horizontalne prometne signalizacije. Na ovome privozu uočen je veliki problem nemogućnosti uključivanja vozila u glavni prometni smjer. U popodnevnom vršnom satu (15:30-16:30 h) na istočnome privozu stvori se rep čekanja od prosječnih 12 vozila što predstavlja izrazit problem ovoga raskrižja. Na Slici 14. prikazana je preglednost privoza iz smjera istoka.



Slika 14. Preglednost privoza iz smjera istoka

Temeljem provedene analize oblikovnih i sigurnosnih elemenata može se zaključiti da su glavni problemi ovoga raskrižja: nepravilno projektiran trak za lijevo skretanje iz glavnom prometnog smjera, nemogućnost uključivanja vozila sa sporednog prometnog smjera u glavni prometni tok te nepravilno i nejasno projektirana prometna signalizacija. U nastavku rada predložit će se neka moguća rješenja kojima bi se moglo uspješno riješiti navedeni postojeći problemi.

3.4. Analiza postojećih prometnih tokova raskrižja županijske ceste 5026 i ulice Marinići

Pod analizom postojećih prometnih tokova podrazumijeva se dobivanje uvida u intenzitet i strukturu prometnog toka promatranog dijela ceste ili određene prometnice. Brojanje prometa predstavlja osnovicu prometnog planiranja i koristi se većinom radi donošenje odgovarajuće investicijske odluke u prometu.

Brojanje prometa najčešće se provodi iz razloga:

1. kada se na određenom dijelu ceste, odnosno točki uoči nastajanje većeg broja prometnih nesreća
2. kada se na određenom dijelu ceste uoči nastajanje većih repova čekanja, odnosno nastajanje zagušenja prometnog toka
3. kada se planiraju novi infrastrukturni projekti na određenoj prometnici

Prije postupka brojanja prometa potrebno je izvršiti analizu postojećeg stanja određenog dijela ceste ili prometnice. Bitno je da se prije brojanja prometa ispita stanje na

određenoj prometnici, odnosno da se uoče neke nesvakodnevne situacije kao što su radovi ili privremeno zatvaranje određene prometne trake ili dijela ceste. Navedeni uvjeti uveliko mogu pridonijeti tome da se prikupe nekvalitetni podaci koji neće prikazivati realno stanje na određenoj prometnici na temelju kojih se neće moći donijeti odgovarajuća odluka. Za uspješno provođenje postupka brojanja prometa koriste se odgovarajuće metode.

Neke od najznačajnijih metoda brojanja prometa su [9]:

1. ručno brojanje
2. automatsko brojanje
 - induktivne petlje
 - magnetske petlje
 - mikrovalni radari
 - pneumatska brojila
 - ultrazvučna brojila
 - infracrveni senzori
 - video kamere

Osnovna značajka ručnog brojanja prometa je ta da je za njegovo izvršavanje potreban čovjek koji će sa sobom imati sat odnosno štopericu te brojački listić na koji će bilježiti prikupljene podatke u različitim vremenskim intervalima. Ručno brojanje prometa većinom se koristi za brojanje u specifičnim kraćim vremenskim intervalima kao što su primjerice jutarnji ili popodneveni vršni sat.

Glavna značajka automatskih brojila je ta da se većinom ugrađuju u cestovni zastor ili se smještaju na položaje iznad kolnika, najčešće na nosače cestovne rasvjete. Koriste se za brojanje prometa u dužim vremenskim intervalima, podaci prikupljeni ovom metodom služe uglavnom za prognoziranje PGDP-a. U Republici Hrvatskoj tvrtka Hrvatske ceste d.o.o. svake godine izdaje bilten o rezultatima automatskog brojanja prometa na državnim, županijskim i lokalnim cestama.

Za potrebe izrade ovoga rada koristit će se metoda ručnog brojanja prometa. Za potrebe ručnog brojanja prometa angažirana su tri brojača koji su bili smješteni na određenim brojačkim pozicijama. Brojači su bilježili prikupljene podatke dana 24. ožujka 2016.

(četvrtak). Na Slici 14. može se vidjeti položaj brojačkih mjesta, označenih oznakama B1, B2 i B3.



Slika 15. Prikaz brojačkih mjesta

Brojači su bilježili podatke u terminima jutarnjeg i popodnevnog vršnog sata, odnosno od 6.30 - 7.30 i od 15.30 - 16.30. Brojači su bili opremljeni štopericom, odnosno satom i brojačkim obrascem na koji su bilježili prikupljene podatke u 15 - minutnim vremenskim intervalima. Brojana su laka teretna vozila, teška teretna vozila, osobna vozila, autobusi, motocikli i pješaci. Sva navedena vozila izražena su u EJA⁷ jedinicama koja su se dobila množenjem sa odgovarajućim koeficijentom. Pretvaranje vozila u EJA jedinice potrebno je iz razloga da bi se dobio homogeni prometni tok na temelju kojega je moguće izračunati propusnu moć raskrižja. Koeficijenti koji su se koristili za određivanje homogenog prometnog toka prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Koeficijenti EJA jedinica

| <u>Vrsta vozila</u> | Automobil | Lako teretno | teško teretno | Autobus | Motocikl |
|---------------------|-----------|--------------|---------------|---------|----------|
| <u>EJA</u> | 1 | 1,5 | 2 | 2 | 0,7 |

⁷ EJA-Ekvivalentna jedinica automobila

3.4.1. Brojanje prometa u jutarnjem vršnom satu (6.30 do 7.30)

Brojanje je provedeno u vremenu od jednog sata, odnosno od 6.30 - 7.30 sati. Ovaj vremenski interval izabran je zato što većina poslovnih centara počinje s radom u 7 sati pa se stoga najveće prometno opterećenje javlja u tome periodu.

Brojač na brojačkoj poziciji broj jedan bilježio je strukturu, intenzitet i smjer kretanja vozila koja su se kretala iz centra Viškova. Slijedeća tablica (Tablica 2.) prikazuje prikupljene podatke sa brojačkog mjesta broj jedan.

Tablica 2. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj jedan

| <u>Privoz</u> | <u>Smjer</u> | <u>Interval (min)</u> | <u>Osobni automobili</u> | <u>Laka teretna</u> | <u>Teška teretna</u> | <u>Motocikli</u> | <u>Autobusi</u> | <u>Pješaci</u> |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Sjeverni privoz (Viškovo) | Vozila koja idu ravno | 0-15 | 129 | 8 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| | | 15-30 | 88 | 12 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| | | 30-45 | 111 | 4 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| | | 45-60 | 123 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | | Ukupno | 451 | 27 | 8 | 1 | 6 | 0 |
| | | EJA | 517 | 40,5 | 16 | 0,7 | 12 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 493 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 586,2 | | | | | | |
| | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
| | Vozila koja skreću lijevo | 0-15 | 50 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30 | 33 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45 | 61 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 69 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 213 | 13 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 161 | 19,5 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 231 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 190,5 | | | | | | |

Brojač na brojačkoj poziciji broj dva snimao je i prikupljao podatke o vozilima koja su se kretala iz smjera istoka, odnosno iz smjera poslovne zone. Prikupljene podatke može se vidjeti u Tablici 3.

Tablica 3. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj dva

| Privoz | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Istočni privoz (Plodine) | Vozila koja skreću lijevo | 0-15 | 19 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 |
| | | 15-30 | 22 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| | | 30-45 | 11 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 8 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | Ukupno | 60 | 13 | 9 | 2 | 0 | 0 |
| | | EJA | 109 | 19,5 | 18 | 1,4 | 0 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 84 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 147,9 | | | | | | |
| | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
| | Vozila koja skreću desno | 0-15 | 10 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30 | 12 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45 | 34 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 14 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 70 | 20 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 204 | 30 | 22 | 0 | 0 | 0 |
| <u>Sveukupno vozila</u> | 101 | | | | | | | |
| <u>Sveukupno EJA</u> | 256 | | | | | | | |

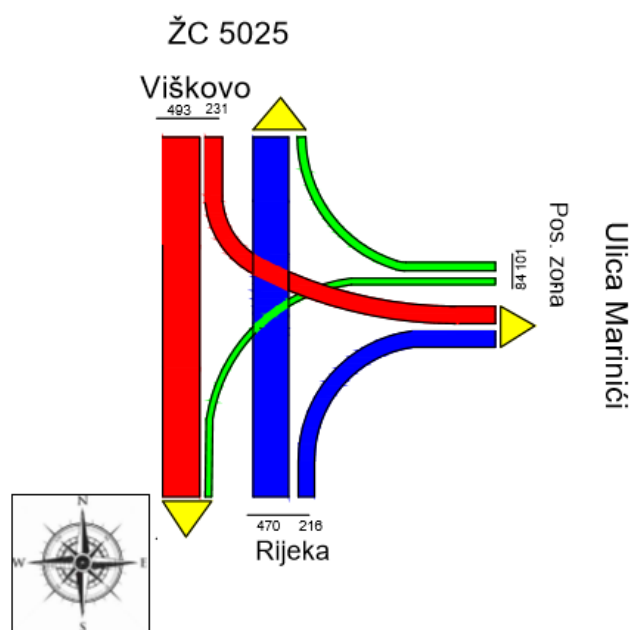
Brojač na brojačkoj poziciji broj tri, prikupljao je podatke o vozilima koja su se kretala iz smjera centra grada Rijeke, odnosno analizirao je vozila koja su se kretala u smjeru sjever-jug. Navedeni podaci prikazani su u Tablici 4.

Tablica 4. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj tri

| Privoz | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Južni privoz (Rijeka) | Vozila koja idu ravno | 0-15 | 80 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| | | 15-30 | 100 | 5 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | | 30-45 | 112 | 12 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | | 45-60 | 141 | 7 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| | | Ukupno | 433 | 27 | 5 | 0 | 5 | 1 |
| | | EJA | 491 | 40,5 | 10 | 0 | 10 | 0 |
| | <u>Sveukupn o vozila</u> | 470 | | | | | | |
| | <u>Sveukupn o EJA</u> | 551,5 | | | | | | |
| | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
| | Vozila koja skreću desno | 0-15 | 45 | 7 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| | | 15-30 | 56 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45 | 45 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 36 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 182 | 25 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 117 | 37,5 | 18 | 0 | 0 | 0 |
| | <u>Sveukupn o vozila</u> | 216 | | | | | | |
| <u>Sveukupn o EJA</u> | 172,5 | | | | | | | |

Iz prethodnih tablica može se zaključiti da je najopterećeniji sjeverni privoz. Analizom je uočeno da sjevernim privozem prođe ukupno 724 vozila od kojih 493 vozila kreću se u smjeru grada Rijeke, a 231 vozilo se kreće u smjeru poslovne zone, odnosno istoka. Također sjevernim privozem kreće se veći broj teretnih vozila koji iznosi 7% od ukupnog prometnog opterećenja. Ukupno opterećenje raskrižja iznosi 1596 vozila. Na Slici 16 može se vidjeti grafički prikaz kretanja prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu.

6.30-7.30



Slika 16. Kretanje i intenzitet prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu

3.4.2. Brojanje prometa u popodnevnom vršnom satu (15.30 do 16.30)

Za brojanje prometa u popodnevnom vršnom satu angažirani su isti brojači kao i u jutarnjem vršnom satu. Brojanje je izvršeno u terminu od 15.30 do 16.30 sati zato što se tada većina ljudi vraća s posla.

Brojač na brojačkom mjestu jedan zabilježio je vozila koja su se kretala iz smjera centra Viškova, odnosno vozila koja su ulazila u zonu raskrižja iz smjera sjevera. U Tablici 5. prikazani su zabilježeni podaci sa brojačkog mjesta jedan.

Tablica 5. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj jedan

| Privoz | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Sjeverni privoz (Viškovo) | Vozila koja idu ravno | 0-15 | 120 | 8 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| | | 15-30 | 118 | 9 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| | | 30-45 | 132 | 10 | 4 | 0 | 1 | 0 |
| | | 45-60 | 147 | 12 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | Ukupno | 517 | 39 | 9 | 1 | 4 | 0 |
| | | EJA | 517 | 58,5 | 18 | 0,7 | 8 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 570 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 602,2 | | | | | | |
| | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
| | Vozila koja skreću lijevo | 0-15 | 37 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30 | 40 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30-45 | 33 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 51 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 161 | 14 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | | EJA | 161 | 21 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 180 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 192 | | | | | | |

Brojač na poziciji broj dva bilježio je vozila koja su se kretala iz smjera poslovne zone. Uočeno je da se tim smjerom u popodnevnom vršnom terminu kreće veći broj teretnih vozila zbog relativne blizine raskrižja poslovnim prostorima. Zamijećeno je da se u ovome terminu kreće veći broj pješaka. Prikupljene podatke s brojačkog mjesta broj dva mogu se vidjeti u Tablici 6.

Tablica 6. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj dva

| - | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Istočni privoz (Plodine) | Vozila koja skreću lijevo | 0-15 | 45 | 4 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| | | 15-30 | 55 | 6 | 3 | 0 | 0 | 1 |
| | | 30-45 | 27 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 20 | 6 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | Ukupno | 147 | 21 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| | | EJA | 109 | 31,5 | 10 | 0,7 | 0 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 174 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 151,2 | | | | | | |
| | Smjer | Interval (min) | Osobni automobili | Laka teretna | Teška teretna | Motocikli | Autobusi | Pješaci |
| | Vozila koja skreću desno | 0-15 | 50 | 2 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | | 15-30 | 63 | 8 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| | | 30-45 | 41 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 50 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 204 | 23 | 3 | 1 | 0 | 2 |
| | | EJA | 204 | 34,5 | 6 | 0,7 | 0 | 2 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 231 | | | | | | |
| | <u>Sveukupno EJA</u> | 245,2 | | | | | | |

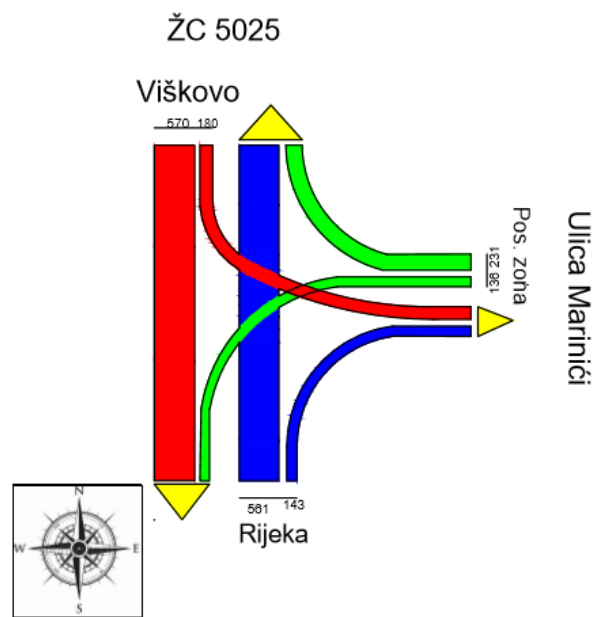
Brojač na brojačkoj poziciji broj tri bilježio je kretanje i intenzitet prolaska vozila koja su se kretala iz centra grada Rijeke. Zabilježeno je da se znatno povećao intenzitet vozila koja prolaze ravno u odnosu na jutarnji vršni sat. Prikupljeni podaci mogu se vidjeti u Tablici 7.

Tablica 7. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj tri

| <u>Privoz</u> | <u>Smjer</u> | <u>Interval (min)</u> | <u>Osobni automobili</u> | <u>Laka teretna</u> | <u>Teška teretna</u> | <u>Motocikli</u> | <u>Autobusi</u> | <u>Pješaci</u> |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| <u>Južni privoz (Rijeka)</u> | <u>Vozila koja idu ravno</u> | 0-15 | 120 | 17 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | | 15-30 | 96 | 9 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| | | 30-45 | 112 | 11 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | | 45-60 | 163 | 17 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| | | Ukupno | 491 | 54 | 8 | 6 | 2 | 4 |
| | | EJA | 491 | 81 | 16 | 4,2 | 4 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 561 | | | | | | |
| <u>Sveukupno EJA</u> | 596,2 | | | | | | | |
| <u>Privoz</u> | <u>Smjer</u> | <u>Interval (min)</u> | <u>Osobni automobili</u> | <u>Laka teretna</u> | <u>Teška teretna</u> | <u>Motocikli</u> | <u>Autobusi</u> | <u>Pješaci</u> |
| <u>Južni privoz (Rijeka)</u> | <u>Vozila koja skreću desno</u> | 0-15 | 33 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | | 15-30 | 34 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | 30-45 | 18 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| | | 45-60 | 32 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | Ukupno | 117 | 17 | 7 | 2 | 0 | 0 |
| | | EJA | 117 | 25,5 | 14 | 1,4 | 0 | 0 |
| | <u>Sveukupno vozila</u> | 143 | | | | | | |
| <u>Sveukupno EJA</u> | 157,9 | | | | | | | |

Temeljem svih prikupljenih podataka može se zaključiti da je zabilježen najveći intenzitet prometnih tokova na sjevernome privozu, odnosno na brojačkoj poziciji broj jedan. Zabilježeno je da ukupno opterećenje privoza iznosi 750 voz/h, od kojih se 570 vozila kretalo ravno, a 180 vozila se kretalo u smjeru poslovne zone odnosno skretala ulijevo s glavnog prometnog smjera. Zabilježeno je da ukupno opterećenje raskrižja u popodnevnom vršnom terminu iznosi 1859 vozila što predstavlja povećanje od 263 vozila u odnosu na jutarnji vršni termin. Na Slici 16. može se vidjeti kretanje i intenzitet prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu.

15.30-16.30



Slika 17. Kretanje i intenzitet prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu

4. DEFINIRANJE VARIJANATA ZA REKONSTRUKCIJU RASKRIŽJA

Raskrižja su elementi cestovne mreže na kojima se spajaju dvije ili više prometnica. S obzirom na modalitet izrade, raskrižja mogu biti izgrađena u razini kolnika, izvan razine kolnika, raskrižja s kružnim tokom prometa i kombinirana raskrižja. U ovom radu će se definirati neka od mogućih rješenja rekonstrukcije raskrižja u razini.

Prije definiranja vrste i načina izrade pojedine vrste raskrižja potrebno je provjeriti opravdanost izvedbe uz pomoć osnovnih mjerila [10]:

1. Sigurnost prometa
2. Kvalitet odvijanja prometa
3. Utjecajnost na okolinu i okoliš
4. Ekonomičnost rješenja

Prije postupka modeliranja i izrade varijantnih rješenja rekonstrukcije raskrižja važno je definirati, tj. prognozirati prometne tokove koji će se javiti u budućnosti. Pravilno izrađena prometna prognoza omogućit će izradu pravilnog rješenja koje će zadovoljavati novostvorenu prijevozu potražnju.

Temeljem provedene analize postojećeg stanja i uočenih problema, u nastavku rada će se predložiti neka od mogućih rješenja rekonstrukcije predmetnog raskrižja na temelju pretpostavljanje prometne prognoze za razdoblje od pet godina..

4.1. Prometna prognoza raskrižja za razdoblje od 5 godina

Prognoza prometa je predviđanje budućih prometnih zahtjeva, odnosno budućeg intenziteta strukture i raspodjele prometnih tokova. U praksi postoje razni matematički, statistički i ekspertni modeli za izradu prognoze prometa temeljem navedenih ulaznih podataka. Najčešće korišteni model je model jednakih budućih faktora rasta za sve promatrane cestovne presjeka u zoni obuhvata, na bazi višekriterijske trend analize vremenske serije [11].

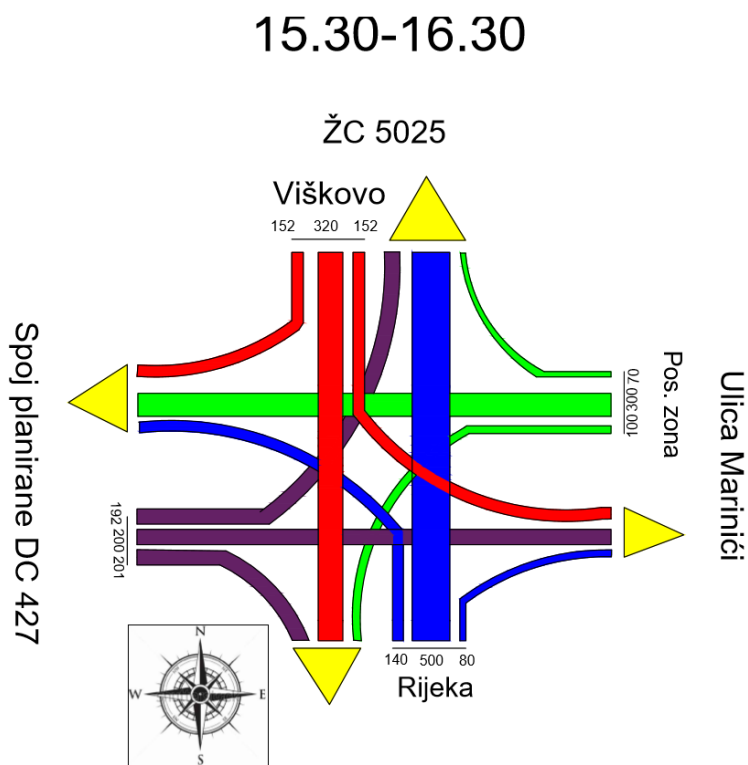
Temeljem provedene analize prostorno planske dokumentacije uočeno je da se na navedeno raskrižje planira izgraditi novi četvrti privoz koji će spajati novo planiranu dionicu državne ceste D427 s županijskom cestom 5025, odnosno s ulicom Marinići. Temeljem toga potrebno je izvršiti prognozu kretanja prometnih tokova koji bi se mogli javiti izgradnjom dodatnog privoza.

Prognoza prometnih tokova izvršit će se na temelju analize postojećih prometnih tokova na navedenom raskrižju. Analizom postojećih prometnih tokova u jutarnjem i popodnevnom vršnom satu uočeno je da je zabilježeni veći intenzitet prometnih tokova u vremenu

popodnevnog vršnog sata, odnosno u vremenu od 15.30 do 16.30 sati. Uočeno je da se u tome terminu kreće kroz zonu raskrižja 1755 vozila, stoga će ovaj podatak poslužiti kao mjerodavno prometno opterećenje pri izradi prognoze kretanja prometnih tokova.

U PPU⁸ Viškova navedeno je da bi novoplanirana dionica državne ceste D 427 trebala prometno rasteretiti postojeću glavnu prometnicu, odnosno županijsku cestu 5025 i za pretpostaviti je da se intenzitet i struktura sadašnjih prometnih tokova neće uvelike izmijeniti ukoliko bi došlo do izgradnje dodatnog četvrtog privoza. Pretpostavlja se da će se ukupno prometno opterećenje raskrižja povećati za 10 posto u odnosu na sadašnje stanje. Kretanje prometnih tokova definirati će se na osobnoj procjeni autora ovoga rada.

Za prometnu prognozu uzet će se vrijednost jedinstvenog faktora rasta prometa u iznosu 2% godišnje, odnosno prognozirati će se intenzitet prometnih tokova za period od pet godina, odnosno do 2021. godine na temelju kojega će se predložiti izgradnja novih varijanata raskrižja. Na Slici 18. prikazano je planirano prometno opterećenje nakon izgradnje četvrtog privoza u 2021. godini.



Slika 18. Prometna prognoza raskrižja nakon izgradnje četvrtog privoza u 2021. godini

⁸ PPU-prostorni plan uređenja.

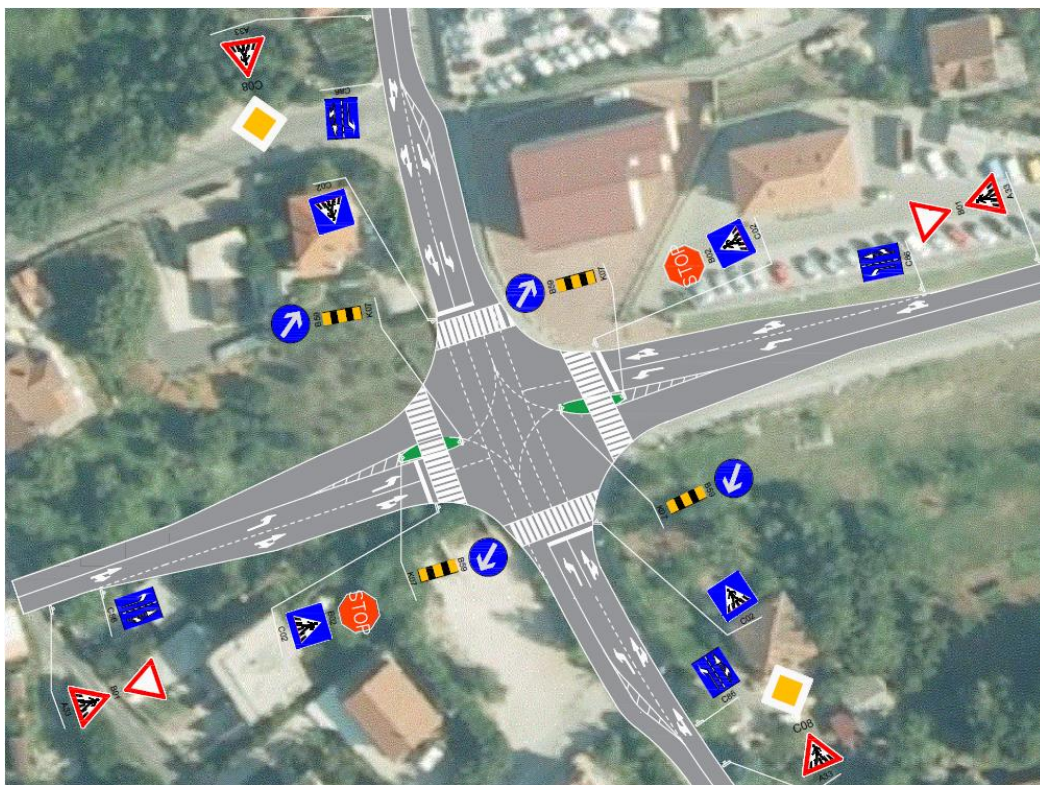
Na Slici 18. može se vidjeti intenzitet i kretanje prometnih tokova u prognoziranom razdoblju od pet godina. Može se vidjeti da se glavina prometnih tokova i dalje kreće županijskom cestom 5025, odnosno glavina prometnih tokova kreće se prolaznim trakovima raskrižja. Ukupno prometno opterećenje raskrižja u 2021 godini nakon izgradnje četvrtog privoza iznosi 2231 vozilo što predstavlja povećanje od 479 vozila u odnosu na sadašnje stanje.

4.2. Varijanta 1 - klasično četverokrako raskrižje

Prva moguća varijanta koja će se predložiti za rekonstrukciju predmetnog raskrižja je klasično četverokrako raskrižje. Ovaj tip raskrižja najčešće se projektira na cestama izvan i unutar naselja. Glavne značajke klasičnih raskrižja u razini su [10]:

- Zadovoljavanje prometnog opterećenja (q) do 800 voz/h po pojedinom privozu
- Osiguravanje vremenskih praznina (Δt) većih od 6 sekundi

Ove glavne značajke omogućuju široku primjenu, pogotovo na cestama od drugog do petog razreda. Na Slici 19. mogu se vidjeti projektno-oblikovni elementi Varijante 1.



Slika 19. Varijanta 1

Kao što prikazuje Slika 19. može se vidjeti da je predloženo projektiranje klasičnog četverokrakog raskrižja u razini. Glavna prometnica proteže se u smjeru sjever-jug, odnosno

glavnu prometnicu čini postojeća županijska cesta 5025, a sporednu prometnicu čini smjer istok-zapad, odnosno ulica Marinići i novo planirani privoz spoja državne ceste D427.

Na sporednim privozima projektirani su manji prometni otoci oblika kaplje zato što se raskrižje nalazi u neposrednoj blizini većeg naselja. Na glavnim privozima projektirani su prolazni trakovi na temelju pretpostavljene računske brzine, koja u ovom slučaju iznosi 40 km/h. Vođenje lijevih skretača, kao najkompliciranije radnje u području raskrižja izvedeno je projektiranjem posebnih trakova na glavnom i sporednom prometnom smjeru. Na svim privozima projektirani su pješački prijelazi koji će olakšati kretanje pješaka, pogotovo u smjeru poslovne zone. Trakovi za desno skretanje izvedeni su u kombinaciji s prolaznim trakovima, jer se ne pretpostavlja veći broj desnih skretača. Zaobljenje rubova kolnika s glavnog u sporedni prometni tok izvedeno je većim jednostavnim radijusom. Zaobljenje rubova kolnika s sporednog u glavni prometni tok izvedeno je s tri složene krivulje koje su u odnosu 2:1:3. U području raskrižja postavljena je i iscrtana prometna signalizacija prema važećem pravilniku o prometnim znacima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 105/04) [12]. Svi navedeni elementi su kotirani i mogu se vidjeti u Prilogu 1 na kraju ovoga rada.

4.3. Varijanta 2 - raskrižje upravljano prometnim svjetlima

Raskrižja upravljana prometnim svjetlima spadaju u skupinu specifičnih vrsta raskrižja koja se po svojim oblikovnim elementima ne razlikuju od klasičnih raskrižja, osim što se kretanje prometnih tokova regulira davanjem svjetlosnih prometnih signala.

Neke od glavnih prednosti raskrižja upravljanim prometnom svjetlosnom signalizacijom su [10]:

- Omogućavanje pravilnog hijerarhijskog kretanja prometnih tokova
- Povećanje kapaciteta raskrižja u slučajevima kada su postavljeni na pravilnim lokacijama i s planom ažuriranja faza ciklusa barem jednom godišnje
- Smanjenje učestalosti i ozbiljnosti nastajanja određenih tipova prometnih nesreća
- Omogućavanje koordinacije i stvaranja kontinuiranog prometnog toka
- Omogućavanje prekida intenzivnijih prometnih tokova, te na taj način pospješuju uključivanje vozila sa sporednih privoza.

Svjetlosni prometni signali, čak i u slučaju kada postoje prometni i geometrijski uvjeti za njihovo postavljanje mogu negativno utjecati na slijedeće elemente [10]:

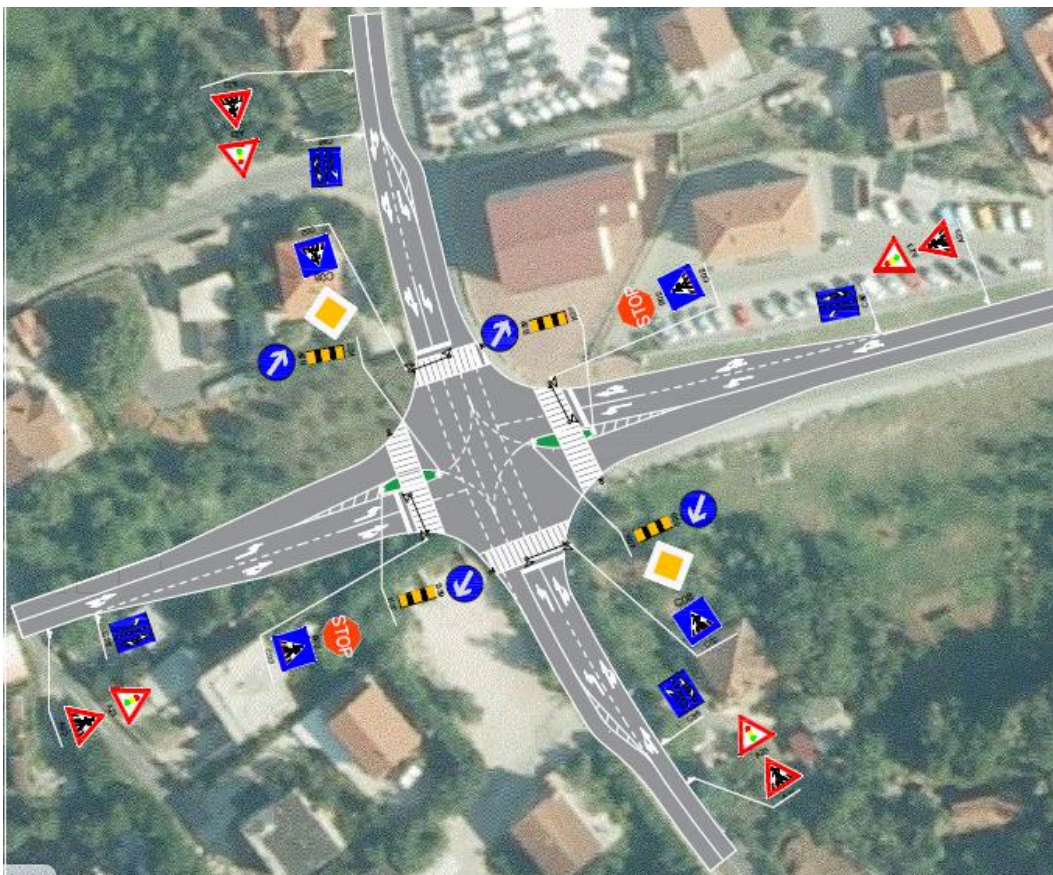
- Povećavaju prosječno zakašnjenje vozila (naročito na glavnom prometnom smjeru)

- Povećavaju nastajanje vrste sudara tipa naleta
- Ograničavaju slobodu kretanja korisnika
- Često vozači ne poštuju svjetlosne prometne signale
- Dovode do povećane upotrebe manje adekvatnih dionica cestovne mreže

Primjena raskrižja upravljanim prometnim svjetlima preporuča se na raskrižjima gdje je često glavni prometni tok znatno više intenzivniji od sporednog prometnog toka. Također primjena se preporuča u blizini škola, vrtića, staračkih domova i slično. U modernije doba, primjena raskrižja upravljanim prometnim svjetlima preporuča se u svrhu koordinacije s susjednim raskrižjima, taj fenomen kod nas je poznat pod pojmom "zeleni val", i često se primjenjuje u gradskim sredinama, posebice na jednosmjernim prometnicama.

Budući da se prometnom prognozom predviđa da će se raskrižjem kretati dva intenzivna prometna toka koja se križaju, odnosno jedan intenzivan prometni tok kretat će se glavnom prometnicom, a drugi intenzivan prometni tok kretat će se sporednom prometnicom (Slika 18.), primjena raskrižja upravljanim prometnim svjetlima preporuča se za Varijantu 2 rekonstrukcije predmetnog raskrižja.

Na Slici 20. prikazan je tlocrt moguće Varijante 2 rekonstrukcije raskrižja.



Slika 20. Varijanta 2

4.4. Varijanta 3 - raskrižje s kružnim tokom prometa

Raskrižje s kružnim tokom prometa je prometna građevina gdje je kretanje vozila određeno središnjim kružnim otokom i kružnim kolnikom te privozima s razdijeljenim otocima i s prometnim znakovima [10].

Glavni projektno oblikovni elementi raskrižja s kružnim tokom prometa su:

- vanjski polumjer raskrižja
- širina kružnog kolnika
- širine ulaznog i izlaznog dijela kolnika
- širine prometnih otoka
- ulazni kut
- polumjer ulaznog i izlaznog zaobljenja
- horizontalno i visinsko vođenje raskrižja s kružnim tokom prometa
- poprečni nagib kolnika

Najčešća podjela raskrižja s kružnim tokom prometa je prema broju privoza i prema broju trakova unutar kružnog toka. Najzastupljeniji tipovi raskrižja s kružnim tokom kolnika su jednostrana kružna raskrižja s četiri ili više privoza. Prije postupka projektiranja raskrižja s kružnim tokom prometa važno je definirati mjerila za njegovu izvedbu.

U literaturi se najčešće spominju tri glavna mjerila primjerenosti izvedbe [10]:

1. prostorna mjerila
2. prometno-sigurnosna mjerila
3. mjerila propusne moći

Raskrižja s kružnim tokom prometa predstavljaju rješenje koje pruža najveću razinu prometne sigurnosti. Naime, brzina vozila koja se kreću raskrižjem s kružnim tokom prometa najčešće se kreće u vrijednosti oko 30 km/h čime je mogućnost od nastajanja prometne nesreće s težim posljedicama znatno smanjena.

Primjena raskrižja s kružnim tokom prometa preporuča se na raskrižjima:

- gdje je uočen nastanak većeg broja prometnih nesreća
- gdje je analizom prometnih tokova uočen manji broj lijevih skretača
- gdje se područjem raskrižja kreće vrlo malen broj pješaka i biciklista
- gdje je analizom prometnih tokova uočeno poprilično podjednako prometno opterećenje privoza

Prometnom prognozom proučavanog raskrižja pretpostavlja se da će se područjem raskrižja kretati manji broj lijevih skretača te da će prognozirano prometno opterećenje svih privoza biti poprilično istog iznosa. Upravo iz tih razloga kao treća varijanta preporuča se izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa. Na Slici 21 prikazan je tlocrt Varijante 3.



Slika 21. Varijanta 3

Na Slici 21. projektirano je malo kružno raskrižje s vanjskim radijusom od 17 metara. Širina kružnog kolnika iznosi 6 metara. Ulazni radijus iznosi 24,6 metara, a izlazni radijus 34,8 metara. Na svakome privozu projektirani su pješački prijelazi i prometni otoci duljine od 15 metara. Unutar kružnog raskrižja projektiran je prijelazni prsten duljine 1,5 metara da bi olakšao kretanje većih vozila raskrižjem. Sva prometna signalizacija projektirana je prema Pravilniku o prometnim znacima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 105/04) [12]. Svi elementi su kotirani i mogu se vidjeti u Prilogu 3 na kraju ovoga rada.

5. IZRADA SIMULACIJSKIH MODELA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA U PROGRAMSKOM ALATU PTV VISSIM 8.0

S obzirom na ubrzan razvoj tehnologije, sve češće se za donošenje odgovarajućih investicijskih odluka koriste razni simulacijski alati. Primjena prvih simulacijskih alata započela je sredinom 20. stoljeća u SAD-u. Nakon razvoja prvih simulacija javila se je potreba za razvojem odgovarajućih servisa koji bi prikupljali stvarne vremenske podatke koji bi se koristili u simulacijama. Prvi servisi koji su se koristili u te svrhe su razni ITS⁹ servisi, kao što su telematički uređaji, detektori i petlje koji prikupljaju i pohranjuju podatke o strukturi i intenzitetu prometnog toka.

Uporaba simulacijskih alata omogućuje da dobijemo uvid u projektiranu prometnu mrežu i probleme koji bi se mogli javiti prije postupka izgradnje odgovarajuće investicije u prometu. Neki od osnovnih podataka u koje dobijemo uvid nakon postupka simuliranja su: vrijeme putovanja, prosječna brzina kretanja vozila, duljine repova čekanja i slično. Opća podjela simulacijski alata u prometu dijeli se na mikro i makro simulacijske modele. Mikro simulacijski modeli pružaju nam uvid u manju lokaciju prometne mreže kao što je to primjerice raskrižje, a makro simulacijski model pruža nam uvid u cjelokupnu prometnu mrežu nekog grada, županije ili države. Pošto se u ovome radu predlaže rekonstrukcija raskrižja, za simuliranje koristiti će se mikroskopski alat PTV Vissim.

5.1. Osnovne postavke simulacijskog alata PTV Vissim

Vissim je mikro simulacijski računalni program koji se temelji na više namjenskoj simulaciji prometnih tokova s naglaskom na analizi i optimizaciji prometnih tokova [13].

Program je razvila njemačka tvrtka PTV, te se upotreba simulacijskih alata tog proizvođača koristi u komercijalne i edukacijske svrhe više od 100 zemalja svijeta. Vissim nudi razne mogućnosti s povezivanjem izvan gradskog i urbanog prometa te nam omogućuje uvid

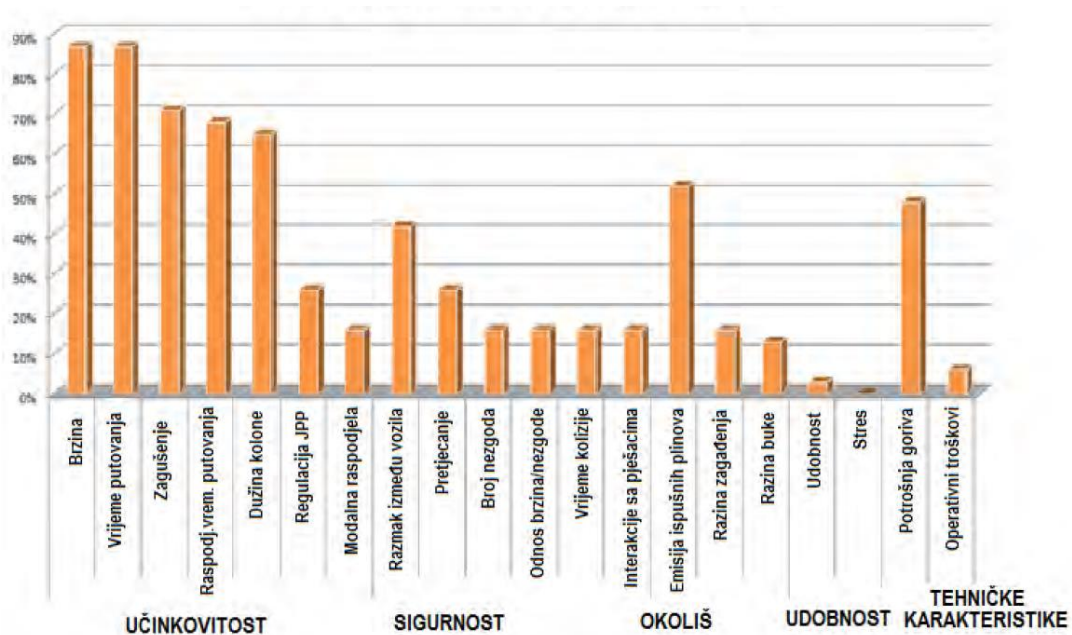
⁹ ITS - Inteligentni transportni sustavi

u interakciju između raznih sudionika u prometu. Također, program nam omogućuje modeliranje cestovnih, željezničkih, biciklističkih ili pješačkih tokova.

Vissim simulacijski model sastoji se od 5 osnovnih elemenata [13]:

1. Cestovne poveznice (linkovi i konektori)
2. Prometna signalizacija
3. Strukture vozila
4. Prometna opterećenja
5. Smjerovi kretanja vozila

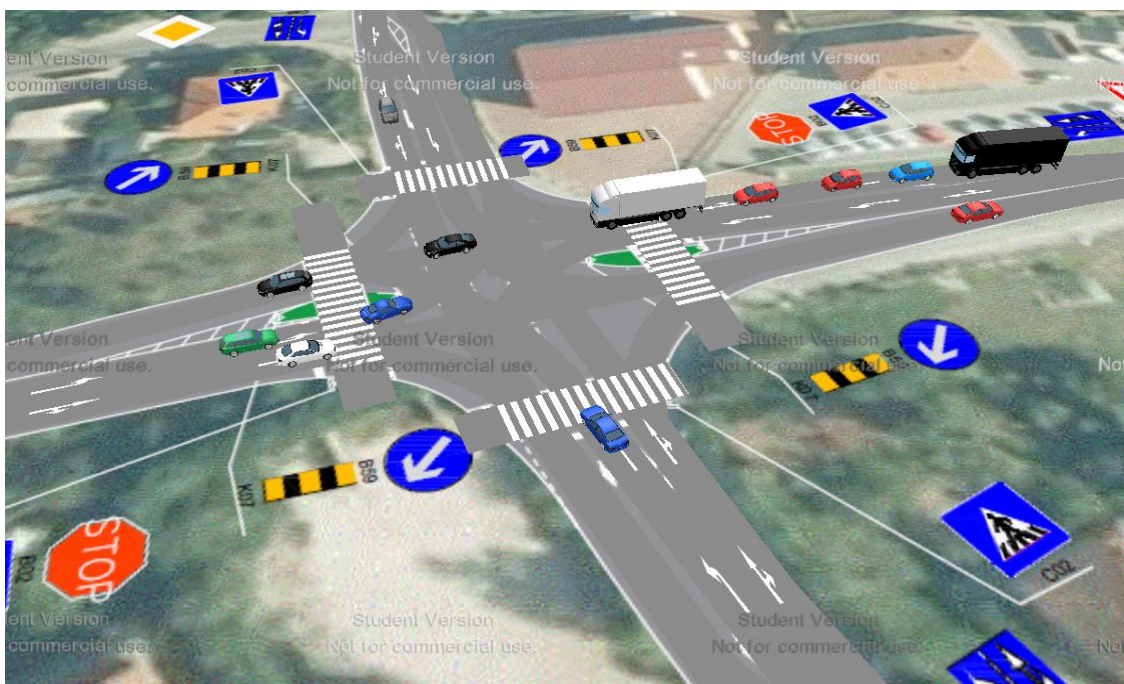
Prije postupka definiranja ulaznih parametara potrebno je izvršiti analizu postojećeg stanja da bi se dobio uvid u strukturu i intenzitet prometnih tokova, kao i u probleme koji se javljaju na promatranom dijelu ceste. Nakon izvršenja analize postojećeg stanja te definiranja glavnih ulaznih parametara, moguće je izvršiti simulaciju. Simulaciju je moguće izvršiti u 2D ili 3D modelu. Rezultati simulacije mogu biti prikazani u tabličnom ili grafičkom smislu. Glavni rezultati koji se dobiju simuliranjem u Vissim-u su prikazani na Slici 22.



Slika 22. Izlazni rezultati simulacije u PTV Vissimu [13]

5.2. Simulacijski model Varijante 1

Za izradu simulacijskog modela Varijante 1 uzeti su podaci prometne prognoze raskrižja za 2021. godinu. U programsko sučelje alata PTV Vissim uneseni su intenzitet i struktura pretpostavljenih prometnih tokova. Također, uneseni su pretpostavljeni pješački tokovi. Na Slici 23. može se vidjeti 3D simulacijski model Varijante 1.



Slika 23. Simulacijski model Varijante 1

Izradom simulacijskog modela Varijante 1 dobili su se izlazni rezultati na temelju kojih se može procijeniti učinkovitost određene investicije. Neki od značajnih izlaznih rezultata prikazani su u Tablici 8.

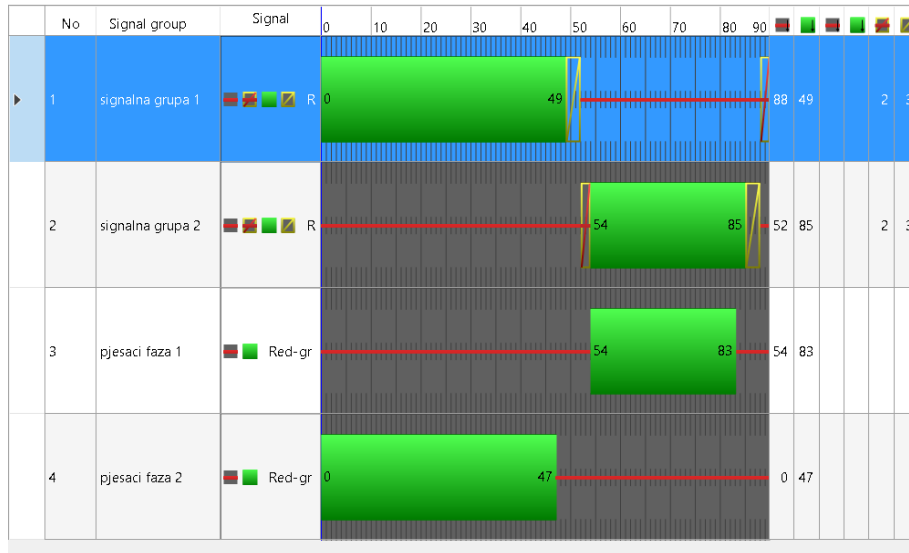
Tablica 8. Izlazni rezultati simulacije Varijante 1

| Prosječno vrijeme kašnjenja vozila (s/voz) | Prosječna brzina kretanja vozila (km/h) | Maksimalna duljina repa čekanja na privozima (m) | Prosječno vrijeme putovanja vozila (sec) | Maksimalna emisija štetnih plinova (g/Kwh) | Maksimalna potrošnja goriva (l) |
|--|---|--|--|--|---------------------------------|
| 19,24 | 15,67 | 45 | 11324,19 | 411,85 | 5,89 |

5.3. Simulacijski model Varijante 2

Budući da se za Varijantu 2 predlaže projektiranje raskrižja upravljanim prometnim svjetlima, jedan od vrlo bitnih elemenata pri izradi simulacijskog modela je izrada pravilnog signalnog plana. Signalni plan je plan izmjene svjetlosnih signala. U signalnome planu može se vidjeti vrijednost trajanja pojedinog signalnog pojma (crveno, žuto ili zeleno svjetlo na semaforu) kao i broj signalnih grupa odnosno broj faza.

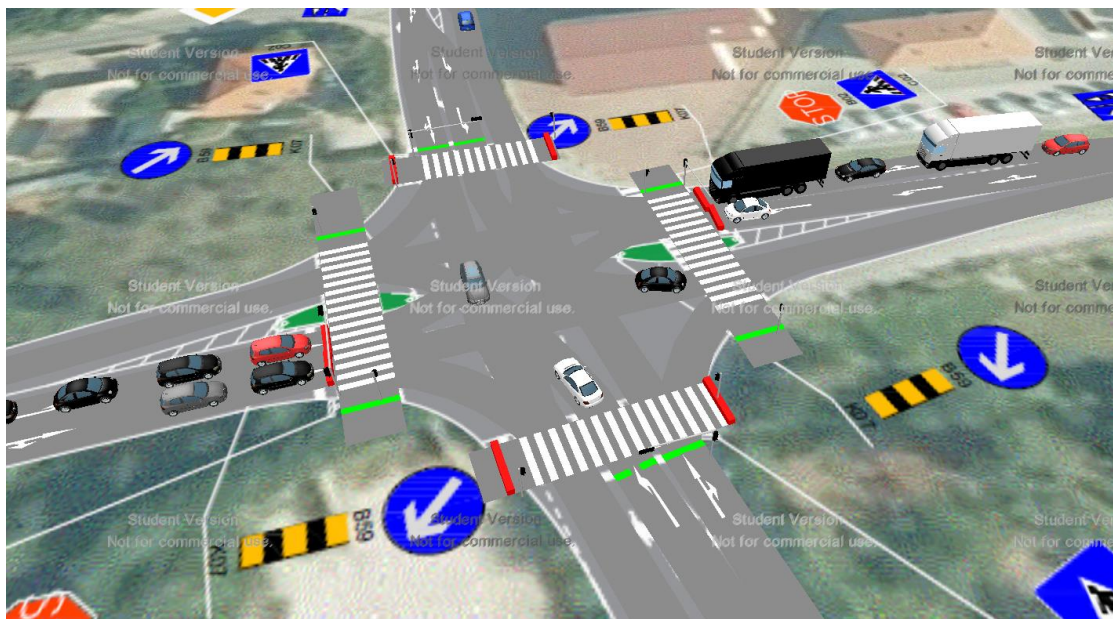
Na Slici 24. može se vidjeti signalni plan Varijante 2.



Slika 24. Signalni program Varijante 2

Na Slici 24. može se vidjeti da u signalnome programu postoje četiri signalne grupe, prva za glavni tok, a druga za sporedni tok. Treća i četvrta signalna grupa odnose se na pješačke tokove. Projektirane su dvije faze za vozila, odnosno prvom fazom kreću se vozila na glavnom prometnom toku, a drugom fazom se kreću vozila sa sporednog toka. Pošto se raskrižjem ne kreće veći broj lijevih skretača, faza za lijeve sketače neće se projektirati. Projektirane su i dvije faze za pješačke prijelaze koji u odnosu na faze vozila imaju određeno zaštitno međuvrijeme. Preporučeno vrijeme trajanja ciklusa iznosi 90 sekundi.

Na Slici 25. može se vidjeti 3D simulacijski model Varijante 2.



Slika 25. Simulacijski model Varijante 2

Izlazni rezultati simulacije prikazani su u Tablici 9.

Tablica 9. Izlazni rezultati simulacije Varijante 2

| Prosječno vrijeme kašnjenja vozila (s/voz) | Prosječna brzina kretanja vozila (km/h) | Maksimalna duljina repa čekanja na privozima (m) | Prosječno vrijeme putovanja vozila (sec) | Maksimalna emisija štetnih plinova (g/Kwh) | Maksimalna potrošnja goriva (l) |
|--|---|--|--|--|---------------------------------|
| 33 | 10,52 | 59 | 12919,08 | 351,30 | 5,026 |

5.3. Simulacijski model Varijante 3

Za izradu simulacijskog modela Varijante 3 koristili su se isti podaci kao i za prve dvije varijante. Na Slici 26. prikazan je 3D simulacijski model Varijante 3.



Slika 26. Simulacijski model Varijante 3

U Tablici 10. prikazani su izlazni rezultati simulacije.

Tablica 10. Izlazni rezultati simulacije Varijante 3

| Prosječno vrijeme kašnjenja vozila (s/voz) | Prosječna brzina kretanja vozila (km/h) | Maksimalna duljina repa čekanja na privozima (m) | Prosječno vrijeme putovanja vozila (sec) | Maksimalna emisija štetnih plinova (g/Kwh) | Maksimalna potrošnja goriva (l) |
|--|---|--|--|--|---------------------------------|
| 25 | 14,41 | 38,19 | 11368,33 | 438,066 | 6,267 |

6. SWOT ANALIZA PREDLOŽENIH VARIJANATA REKONSTRUKCIJE RASKRIŽJA

6.1. Osnovna obilježja SWOT analize

SWOT analiza (*eng. SWOT¹⁰ analysis*) je strategijski instrument pomoću kojeg se dinamički sučeljavaju snage i slabosti predmeta analize s prilikama i prijetnjama okruženja radi identificiranja šansi i rizika [2].

Prvi model SWOT analize predstavljen je 1960. godine u SAD-u na Sveučilištu Stanford. Tadašnji sveučilišni profesori Albert Humphrey i Marion Doshe u svrhu izrade kooperativnih planova menadžmenta pitali su se što je dobro a što loše u sadašnjoj strukturi planiranja, također pitali su se što je dobro a što loše u budućim operacijama planiranja i na temelju toga došli su do zamisli formiranja preteče SWOT matrice koja se je nazivala SOFT analiza.

SWOT analizu većinom primjenjuju stručnjaci ekonomske struke pri selekciji kadrova za zapošljavanje ili pri izradi kratkoročnih ili dugoročnih planova odnosno pri izradi poslovnih portfolija. Također, u novije vrijeme upotreba metoda SWOT analize primjenjuje se i u druge svrhe zbog svoje jednostavne primjene i zbog davanja izrazito korisnih podataka o problemu koji se promatra u vrlo kratkom vremenskom intervalu.

Neke od glavnih prednosti SWOT analize su [13]:

- ključni element formulacije strateške opcije je usklađivanje organizacijskih snaga i slabosti s prilikama i prijetnjama koje postoje na tržištu
- služi kao dobro osnova pri izradi strateških planova poduzeća
- SWOT je poznat kao alat s kojim se postižu ciljevi

U literaturi se kao neke od osnovnih nedostataka primjene SWOT analize spominju [13]:

- prema Mintzbergu¹¹ (1994.) SWOT je malokad efektivna metoda, jer je ukorijenjena u trenutne percepcije organizacije
- često se u praksi ne koristi na ispravan način, odnosno često se ne prepoznaju važni prikupljeni podaci
- SWOT analiza se smatra da često ne daje preskriptivne¹² podatke

¹⁰ SWOT-**S**trengths, **W**eakness, **O**pportunities, **T**hreats

¹¹ Henry Mintzberg- Sveučilišni profesor menadžmenta (Sveučilište u Montrealu)

¹² Preskriptivan (lat.)- propisati, zapovjediti

Nakon provođenja postupka SWOT analize i prikupljanja relevantnih podataka, radi jednostavnosti i jasnosti uočavanja važnih podataka formira se SWOT matrica koja se sastoji od četiri osnovna polja. Osnovna SWOT matrica prikazana je na Slici 27.



Slika 27. Osnovna struktura SWOT matrice [13]

6.2. SWOT matrica Varijante 1

SWOT matrica Varijante 1 prikazana je u Tablici 11.

Tablica 11. SWOT matrica Varijante 1

| Snage | Slabosti |
|---|--|
| Manji troškovi izgradnje (rekonstrukcije) Manji troškovi održavanja Manji troškovi tehničko-tehnološke dokumentacije Manje narušavanje okolnog prostora Kraće vrijeme putovanja vozila kroz raskrižje | Otežano kretanja pješaka preko kolnika Otežano uključivanje vozila s sporednog prometnog toka u glavni prometni tok Veći broj konfliktnih točaka Smanjena razina sigurnosti u zoni raskrižja |
| Prilike | Prijetnje |
| Mogućnost brzog izvođenja radova Brzo izdavanje potrebne tehničko-tehnološke dokumtacije Mogućnost korištenja financijskih sredstava iz kratkoročnih zajmova s manjom kamatnom stopom | Povećana mogućnost od nastanka prometne nesreće Mogućnost nastanka sve većih repova čekanja u vršnim terminima na sporednim privozima Mogućnost postizanja većih brzina vozila u raskrižju Mogućnost nastanka težih prometnih nesreća |

6.3. SWOT matrica Varijante 2

U Tablici 12 prikazana je SWOT matrica Varijante 2.

Tablica 12. SWOT matrica Varijante 2

| Snage | Slabosti |
|---|---|
| <p>Veća sigurnost pješaka pri prijelazu kolnika Veća razina sigurnosti motornog prometa Olakšano uključivanje vozila s sporednog prometnog toka u glavni tok Manji broj konfliktnih točaka Korištenje već postojeće prometne infrastrukture</p> | <p>Povećani troškovi izgradnje Veći troškovi održavanje prometne opreme Nastajanje većih repova čekanja na glavnim privozima Povećanje vremena putovanja vozila kroz raskrižje</p> |
| Prilike | Prijetnje |
| <p>Mogućnost korištenja novih LED semafora Nema dodatnog narušavanja okoliša Mogućnost koordiniranja svjetlosnih signala s susjednim raskrižjima Povećanje propusne moći sporednog privoza</p> | <p>Povećana mogućnost od nepoštivanja prometnih svjetlosnih signala Povećanje prosječnog kašnjenja vozila Nepravilno projektiran signalni program može smanjiti razinu usluge raskrižja</p> |

6.4. SWOT matrica Varijante 3

U Tablici 13 prikazana je SWOT matrica Varijante 3.

Tablica 13. SWOT matrica Varijante 3

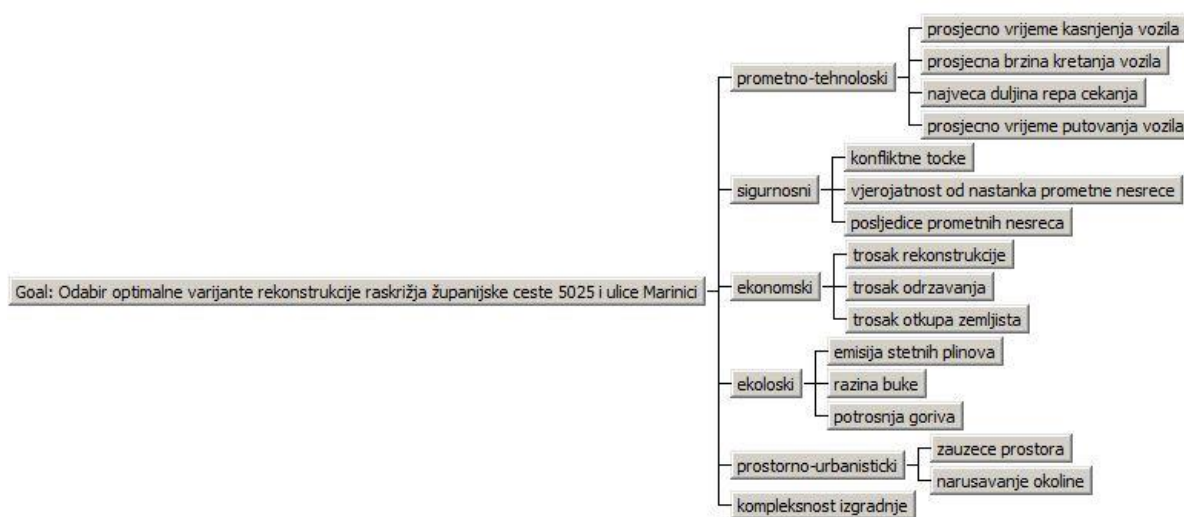
| Snage | Slabosti |
|--|---|
| <p>Manji broj konfliktnih točaka Najveća razina sigurnosti u raskrižju Manje posljedice prometnih nesreća Odlično uklapanje u prostor Mjera smirenja prometa</p> | <p>Nepovoljno rješenje pri većoj količini lijevih skretača Otežavanje kretanja većih vozila kroz raskrižje Nepovoljno rješenje pri većoj količini nemotoriziranog prometa Veće zauzimanje zemljišta Veći troškovi izgradnje</p> |
| Prilike | Prijetnje |
| <p>Smanjenje brzine kretanja vozila Smanjenje repova čekanja na privozima Ravnomjerno opterećenje privoza Povećanje propusne moći svih privoza</p> | <p>Nepoštivanje prometne signalizacije Povećanje broja vozila na privozima Produljenje putanje kretanja biciklista i pješaka Skuplje održavanje Smanjena privozna preglednost, posebice zimi</p> |

7. VREDNOVANJE VARIJANATA PRIMJENOM AHP METODE

AHP metoda pripada u skupinu višeatributivnog odlučivanja i zbog svoje jednostavne primjene često se koristi za rješavanje problema u prometu. Metoda se pokazala izrazito uspješnom za rješavanje svih problema odlučivanja te je zbog olakšavanja primjene metode razvijen programski alat Expert Choice. Expert Choice omogućava usporedbu kriterija i potkriterija u parovima, također omogućava izradu jednostavne hijerarhijske strukture, kao i provođenje analize osjetljivosti kojom se dobije uvid u uspješnost određenog projekta ukoliko bi došlo do promjene određenih parametara. U sljedećim potpoglavljima prikazat će se definiranje osnovne hijerarhijske strukture promatranog modela, vrednovanje kriterija i potkriterija te vrednovanje predloženih varijanata pomoću programskog alata Expert Choice.

7.1. Definiranje hijerarhijske strukture

Da bi se odabrala optimalna varijanta rekonstrukcije predmetnog raskrižja potrebno je definirati čim više kriterija i potkriterija koji se mogu prikazati u kvalitativnom ili kvantitativnom obliku. Zbog jednostavnosti vizualizacije, najčešće se u početnim koracima vrednovanja AHP metodom definira jednostavna hijerarhijska struktura. Hijerarhijska struktura prikazuje cilj te sve kriterije i potkriterije kojima će se vrednovati određeni projekt. Na Slici 28. prikazana je jednostavna hijerarhijska struktura modela rekonstrukcije predmetnog raskrižja.



Slika 28. Hijerarhijska struktura

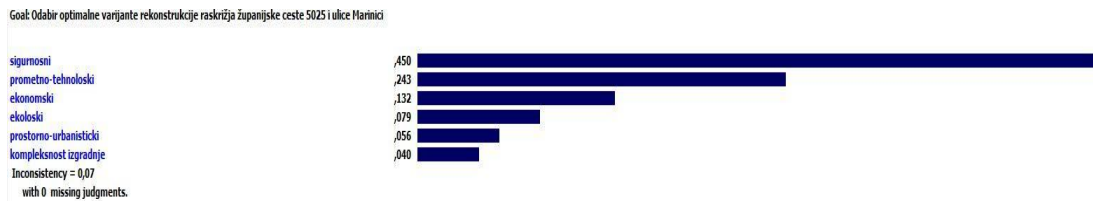
Kao što prikazuje Slika 28., može se vidjeti da je definirano šest kriterija te petnaest potkriterija. U svim prometnim analizama, kao i u postupku prometnog planiranja, najčešće se prvo definira prometno-tehnološki kriterij kojim se dobije uvid u prometne parametre, odnosno u učinkovitost prometne mreže. Potkriteriji prometno-tehnološkog kriterija definirani su pomoću izlaznih rezultata provedenih simulacija u poglavlju 5 ovoga rada. Drugi kriterij koji će se definirati je sigurnosni kriterij. Ovaj kriterij često se zanemaruje u početnim fazama prometnog planiranja, a izrazito je bitan. Vrlo je važno da novo rješenje u prometu bude sigurno za sve sudionike, jer česte prometne nesreće kao i izgubljeni ljudski životi predstavljaju ozbiljan problem za društvo u cjelini. Potkriteriji kriterija sigurnosti prikazat će se u kvantitativnom i kvalitativnom obliku. Treći kriterij koji će se definirati jest ekonomski kriterij. Ekonomski kriterij najčešće odlučuje hoće li se neka investicija izgraditi ili ne, ne uzimajući u obzir društvene koristi koje bi se mogle ostvariti njezinom realizacijom. Ekonomski kriterij sastoji se od potkriterija koji će biti prikazani u kvalitativnom obliku, odnosno u novčanim vrijednostima. U moderno vrijeme ekološkom kriteriju pridodaje se sve veća važnost zbog oštećenosti ozonskog omotača, ali i zbog svakodnevnog porasta motornog prometa u gradskim sredinama. Zbog toga izrazito je bitno definirati ekološki kriterij kojim će se vrednovati utjecaj investicije na okoliš i na stanovništvo, pogotovo ukoliko se ta investicija nalazi u užim gradskim sredinama. Sljedeći kriterij koji će se definirati jest prostorno-urbanistički kriterij. Prostorno-urbanistički kriterij se često vezuje uz ekološki kriterij jer se njime definira narušavanje okolnog prostora, kao i uklapanje investicije u životnu okolinu. Ovaj kriterij izrazito je bitan ukoliko se određena investicija planira graditi preko privatnog zemljišta ili ukoliko je predviđena gradnja kojoj prethodi rušenje određenih stambenih jedinica. U tim slučajevima prostorno-urbanistički kriterij stavlja se na prvo mjesto pri definiranju kriterija. Zadnji kriterij koji će se definirati jest kompleksnost izgradnje. Ovaj kriterij vezan je uz ekonomski kriterij odnosno uz količinu i vrstu određene infrastrukture i suprastrukture koja se planira izgraditi te uz njihov način gradnje.

7.2. Vrednovanje kriterija i potkriterija

Nakon definiranja hijerarhijske strukture kreće se u postupak vrednovanja kriterija i potkriterija, što ujedno predstavlja drugi korak AHP metode. Postupak vrednovanja kriterija i potkriterija definira se na način da se vrši usporedba kriterija i potkriterija u parovima na način da se određenom kriteriju odnosno potkriteriju dodjeljuju ocjene preferencije prema Saatyjevom omjernoj skali (Slika 6.). Ukoliko se smatra da određeni par kriterija ili potkriterija ima istu

važnost dodjeljuje se ocjena 1. Pri dodjeljivanju ocjena potrebno je obratiti izrazitu pozornost da konzistentnost bude manja od 0,1 odnosno 10%.

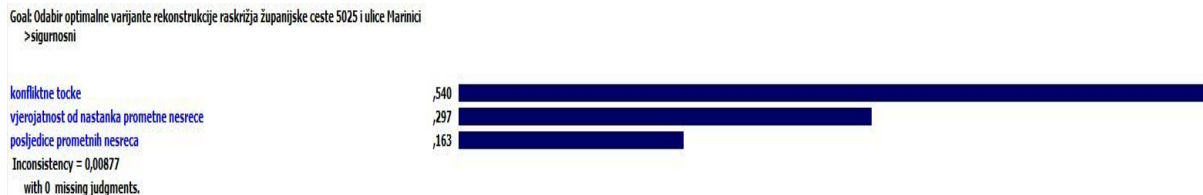
Na Slici 29. može se vidjeti vrednovanje kriterija te njihove težinske vrijednosti.



Slika 29. Vrednovanje kriterija

Iz Slike 29. može se zaključiti da je najveća važnost data sigurnosnom kriteriju, s težinskim koeficijentom od 45%. Sigurnosnom kriteriju je dana tolika prednost nad ostalim kriterijima zato što je, gledajući s aspekta prometnih inženjera, sadašnje stanje na raskrižju izrazito opasno. Ukoliko bi došlo do planiranog porasta prometa u 2021. godini, odnosno do izgradnje dodatnog četvrtog privoza razina sigurnosti bi se dodatno smanjila.

Na Slici 30. može se vidjeti vrednovanje potkriterija u odnosu na kriterij sigurnost.



Slika 30. Vrednovanje potkriterija u odnosu na kriterij sigurnost

Potkriteriji kriterija sigurnost rangirani su na način da je najveća važnost dana potkriteriju konfliktne točke s težinom od 54%. Veći broj konfliktnih točaka najčešći je uzročnik nastanka prometne nesreće. Ukoliko je uočen veći broj konfliktnih točaka jasno je da raste vjerojatnost od nastanka prometnih nesreća. Posljedice prometnih nesreća rangirane su na posljednje mjesto iz razloga jer se treba težiti smanjenju područja konfliktne zone, a samim time smanjit će se mogućnost od nastanka prometnih nesreća te njihove posljedice.

Drugi kriterij po važnosti je prometno-tehnološki kriterij s težinom od 24,3%. Ovaj kriterij je također vrlo bitan za ocjenjivanje učinkovitosti određene investicije. Ovim kriterijom nastojat će se prikazati parametri koji će odrediti da li projektirani oblikovni elementi mogu zadovoljiti novonastalu prijevoznu potražnju za planirano razdoblje od pet godina.

Na Slici 31. prikazano je vrednovanje potkriterija u odnosu na prometno-tehnološki kriterij.



Slika 31. Vrednovanje potkriterija u odnosu na prometno-tehnološki kriterij

Pri definiranju prometno-tehnoloških potkriterija bitno je odrediti parametre koji će u najvećoj mjeri utjecati na prometnu učinkovitost određene investicije. Najvažniji potkriterij jest prosječno vrijeme kašnjenja vozila s težinom od 46,7%. Ovaj potkriterij prikazuje koju razinu usluge može pružiti određeno raskrižje, odnosno da li je moguće ostvariti normalan ili zagušen prometni tok. Prosječna brzina kretanja vozila prikazuje brzinu kojom se vozila kreću kroz raskrižje. Najveća duljina repa čekanja kazuje koliki se broj vozila nalazi u zagušenom prometnom toku na određenom privozu, tj. opisuje nam broj vozila koja ne mogu proći kroz raskrižje. Prosječno vrijeme putovanja vozila opisuje nam vrijeme koje je potrebno vozilu da bi napustilo područje raskrižja.

Treći kriterij po važnosti jest ekonomski kriterij s težinom od 13,2%. Ekonomski kriterij prikazat će isplativost gradnje određene varijante.

Na Slici 32. prikazano je vrednovanje potkriterija u odnosu na ekonomski kriterij.



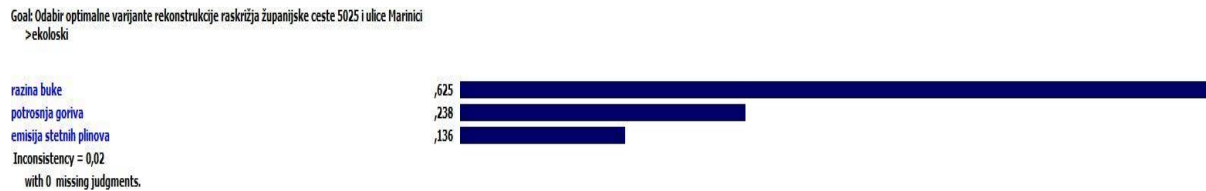
Slika 32. Vrednovanje potkriterija u odnosu na ekonomski kriterij

Kao što je prikazano na Slici 32., može se vidjeti da je najveća važnost dana potkriteriju otkupa zemljišta s vrijednošću od 59,4%. Trošak otkupa zemljišta stavljen je na prvo mjesto iz razloga jer se parcela na kojoj se planira gradnja nalazi u privatnom vlasništvu, odnosno javlja se veći problem otkupa ili definiranja prodajne cijene zemljišta. U ovoj fazi najčešće se zna doći do postupka blokiranja gradnje zbog neslaganja vlasnika zemljišta ili zbog definiranja nerealne cijene otkupa istog. Trošak rekonstrukcije stavljen je na drugo mjesto. On kazuje koliko svotu novca će određena varijanta zahtijevati za rekonstrukciju postojećih elemenata ili

za izgradnju potpuno novog objekta. Trošak održavanja stavljen je na posljednje mjesto jer u usporedbi s troškom otkupa zemljišta ili s troškom rekonstrukcije zahtjeva manju vrijednost koja s godinama korištenja građevine raste.

Četvrti kriterij po važnosti jest ekološki kriterij s težinom od 7,9 posto. Ova vrsta kriterija prikazat će isplativost određene varijante s pogleda ekološke održivosti, odnosno s aspekta zagađenja okoliša.

Na Slici 33. može se vidjeti vrednovanje potkriterija u odnosu na ekološki kriterij.



Slika 33. Vrednovanje potkriterija u odnosu na ekološki kriterij

Razina buke predstavlja ozbiljan problem prilikom izgradnje cestovnog objekta ukoliko se objekt nalazi unutar urbane sredine, kao što i jest slučaj predmetnog raskrižja. Ukoliko je zabilježena veća razina buke od 55dB¹³, kao što se često može zabilježiti unutar urbanih sredina, povećava se mogućnost nastanka srčanih bolesti za 3 puta. Također, ukoliko je zabilježena veća razina buke mora se pristupiti izgradnji bukobrana da bi se zaštitile okolne građevine i stanovnici što iziskuje dodatna ekonomska ulaganja. Upravo iz tih razloga razini buke dana je težina od 62,5%. Potrošnja goriva je potkriterij koji se nerijetko veže uz ekonomski kriterij, ali veću važnost ima za okoliš i prostor. U današnje vrijeme razvile su se nove tehnologije automobila, kao što su hibridni i električni automobili koji za pogonska goriva koriste ekološki obnovljive izvore. Ovi automobili stvaraju gotovo zanemarive troškove goriva kao i ispušnih plinova. Iz tih razloga potrošnja goriva i količina ispušnih plinova stavljene su na drugo i treće mjesto.

Peti kriterij po važnosti jest prostorno-urbanistički kriterij s težinom od 5,6%. Ovaj kriterij usko je vezan uz ekološki kriterij, zato što prostorno – urbanistički kriterij podrazumijeva uklapanje određene građevine u prostor, tj. narušavanje životne sredine, pogotovo u gradskim područjima.

Na Slici 34. može se vidjeti vrednovanje potkriterija u odnosu na prostorno-urbanistički kriterij.

¹³ dB-Decibel (jedinica razine zvuka)



Slika 34. Vrednovanje potkriterija u odnosu na prostorno-urbanistički kriterij

Zauzeću prostora dana je najveća vrijednost, zato što je izrazito bitno koliko prostora će zauzimati određena investicija. Iz količine zauzetog prostora proizlazi nam određivanje količine prostora koje moramo otkupiti iz privatnog vlasništva, što zahtijeva dodatne ekonomske izdatke. Manja vrijednost dana je narušavanju okolnog prostora jer ona u najvećoj mjeri ovisi o količini zauzetog prostora, odnosno o veličini određene investicije.

Najmanja težinska vrijednost dana je kriteriju kompleksnosti izgradnje u iznosu od 4%. Ovaj kriterij je dodan iz razloga kako bi se ekonomski kriteriji mogli usporediti s gledišta kompleksnosti izgradnje prometne infrastrukture.

7.3.Vrednovanje Varijanata

Vrednovanje varijanata vršit će se na isti način kao i vrednovanje kriterija i potkriterija, odnosno vršit će se dodjeljivanje Sattyevih ocjena svakoj pojedinoj varijanti prema svim potkriterijima. Radi olakšavanja donošenja odgovarajućih ocjena definirat će se rangovi varijanta za svaki potkriterij.

7.3.1.Vrednovanje varijanata prema prometno-tehnološkim potkriterijima

Za vrednovanje varijanata prema prometno-tehnološkim potkriterijima koristit će se podatci koji su se dobili iz izvršene simulacije svake varijante u poglavlju 5 ovog rada primjenom programskog alata PTV VISSIM. Na temelju tih podataka rangirat će se varijante te će se prema rangovima donijeti odgovarajuće Saatyeve ocjene za svaki potkriterij.

Rangiranje varijanata prema potkriteriju prosječno vrijeme kašnjenja vozila prikazano je u Tablici 14.

Tablica 14. Rangiranje varijanata prema prosječnom kašnjenju vozila

| Varijante | Prosječno vrijeme kašnjenja vozila [s] | Rang |
|------------------|---|-------------|
| Varijanta 1 | 19,24 | 1 |
| Varijanta 2 | 33 | 3 |
| Varijanta 3 | 25 | 2 |

Na temelju podataka iz Tablice 14 dodijeljene su Saatyve ocjene u Expert Choice-u te su dobivene težinske vrijednosti koje su prikazane na Slici 35.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
> prometno-tehnološki
> prosječno vrijeme kašnjenja vozila



Slika 35. Vrednovanje varijanata prema prosječnom vremenu kašnjenja vozila

Na temelju prikupljenih podataka može se zaključiti da sve tri varijante pružaju dostatnu razinu usluge. Najveća težina je dodijeljena Varijanti 1 u iznosu 54% kao najpovoljnijem rješenju. Najlošije rješenje pokazala je Varijanta 2 s težinom od 16,3%, zbog izmjene svjetlosnih signala, odnosno zbog ograničavanja kretanja određenog prometnog toka.

Tablica 15. i Slika 36. prikazuju rangiranje varijanata prema prosječnoj brzini kretanja vozila.

Tablica 15. Rangiranje varijanata prema prosječnoj brzini kretanja vozila

| Varijante | Prosječna brzina kretanja vozila [km/h] | Rang |
|-------------|---|------|
| Varijanta 1 | 15,67 | 1 |
| Varijanta 2 | 10,52 | 3 |
| Varijanta 3 | 14,41 | 2 |

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
> prometno-tehnološki
> prosječna brzina kretanja vozila



Slika 36. Vrednovanje varijanata prema prosječnoj brzini kretanja vozila

Iz Tablice 15. i Slike 36. može se zaključiti da vozila najveću brzinu kretanja postižu kretanjem Varijantom 1 iz razloga što ne postoje ograničenja u smislu prometovanja, odnosno dozvoljeno je slobodno kretanje i prolazak kroz raskrižje. Brzina kretanja vozila usko je vezana uz potkriterij prosječno vrijeme kašnjenja vozila i upravo iz toga razloga dana je najviša vrijednost koja u ovome slučaju iznosi 54%. Također može se primijetiti da je najlošije rangirana Varijanta 2 kojom se vozila kreću 50% manjom brzinom.

Tablica 16. i Slika 37. prikazuju nam rangiranje te težinske vrijednosti maksimalne duljine repa čekanja na privozima.

Tablica 16. Rangiranje varijanata prema duljini repa čekanja

| Varijante | Duljina repa čekanja [m] | Rang |
|-------------|--------------------------|------|
| Varijanta 1 | 45 | 2 |
| Varijanta 2 | 59 | 3 |
| Varijanta 3 | 39 | 1 |



Slika 37. Vrednovanje varijanta prema duljini repa čekanja

Iz prikazanih podataka može se zaključiti da se najveći rep čekanja stvori kretanjem vozila Varijantom 2. Ovaj podatak je očekivan jer jedino Varijanta 2 predstavlja ograničenja u smislu kretanja vozila. Pošto su svi privozi poprilično jednakog opterećenja, realno je za očekivati da bi se izgradnjom Varijante 2 stvorio veći rep čekanja na sporednim privozima pogotovo u vršnim terminima koji u ovom slučaju iznosi najviše 59 metara. Iz tog razloga dana je težina od 52,8 % Varijanti 3 kao najpovoljnijem rješenju.

Na Tablici 17. i na Slici 38. može se vidjeti rangiranje i vrednovanje varijanata prema vremenu putovanja vozila.

Tablica 17. Vrednovanje varijanata prema prosječnoj duljini putovanja vozila

| Varijante | Vrijeme putovanja vozila [s] | Rang |
|-------------|------------------------------|------|
| Varijanta 1 | 11.324,19 | 1 |
| Varijanta 2 | 12.919,08 | 3 |
| Varijanta 3 | 11.368,33 | 2 |



Slika 38. Vrednovanje varijanta prema prosječnoj duljini putovanja vozila

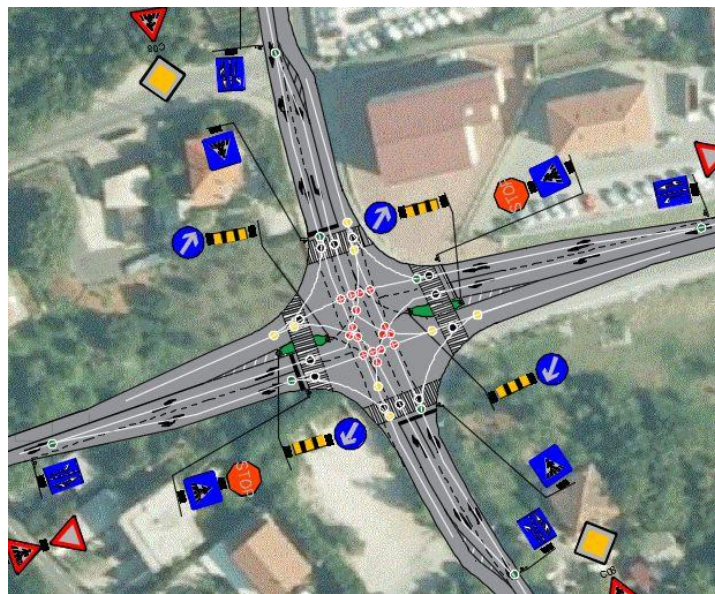
Iz prikazane Slike 38. i Tablice 17. može se doći do zaključka da vozila najmanje vremena utroše krećući se Varijantom 1. Drugo najpovoljnije rješenje jest Varijanta 3, a na

posljednjem mjestu nalazi se Varijanta 2 kao najlošije rješenje. Svi prometno-tehnološki kriteriji daju blagu prednost Varijanti 1, pa tako i potkriterij vremena putovanja vozila kroz raskrižje.

7.3.2. Vrednovanje varijanata prema sigurnosnim potkriterijima

Za vrednovanje varijanata prema sigurnosnim potkriterijima koristit će se grafički prilozi, kojima će se vizualno prikazati položaj i količina konfliktnih točaka. Posljedice prometnih nesreća kao i mogućnost od nastanka prometne nesreće opisno će se objasniti.

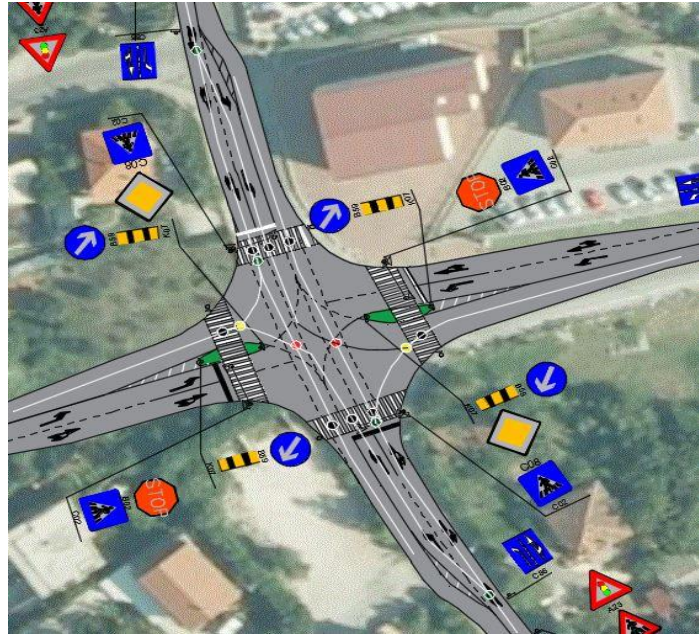
Slika 39. prikazuje položaj i broj konfliktnih točaka Varijante 1.



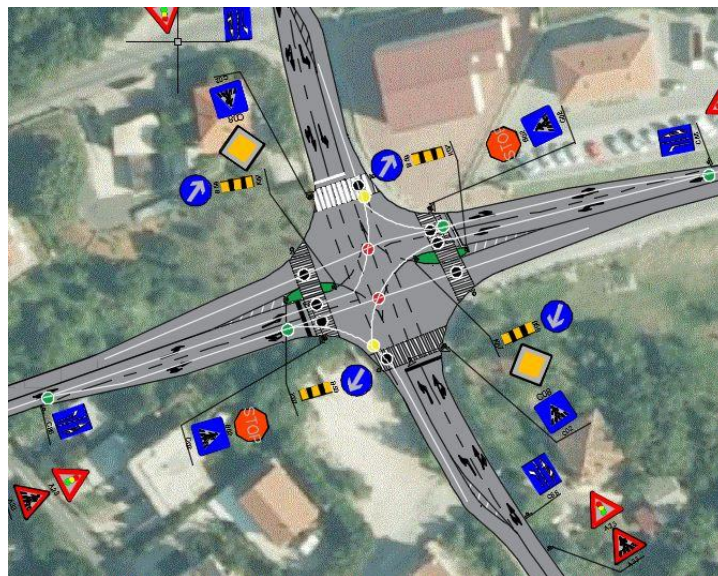
Slika 39. Konfliktni točke Varijante 1

Na Slici 39. može se vidjeti šesnaest točaka križanja označenih crvenom bojom, osam točaka izlivanja označenih zelenom bojom te osam konfliktnih točaka ulijevanja označenih žutom bojom. Prikazane su i pješačke konfliktni točke, kojih u ovome slučaju ima dvanaest, a prikazane su crnom bojom.

Slike 40. i 41. prikazuju konfliktni točke Varijante 2.



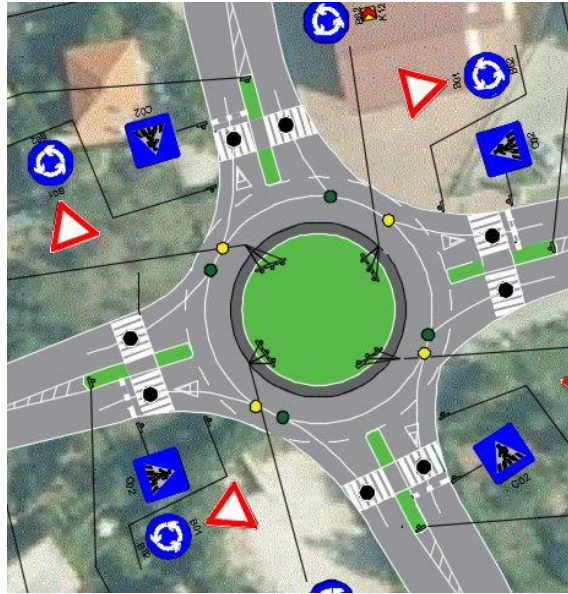
Slika 40. Konfliktne točke varijante 2-faza 1



Slika 41. Konfliktne točke varijante 2-faza 2

Na prethodnim slikama mogu se vidjeti dvije točke križanja označene crvenom bojom, četiri točke izlivanja označene zelenom bojom, te dvije točke ulijevanja označene žutom bojom. Pješačke konfliktne točke prikazane su crnom bojom.

Slika 42. prikazuje konfliktne točke Varijante 3.



Slika 42. Konfliktne točke Varijante 3

Slika 42. prikazuje četiri točke ulijevanja prikazane žutom bojom, kao i četiri točke izlijevanja označene zelenom bojom. Pješačke konfliktne točke prikazane su crnom bojom.

Tablica 18. prikazuje rangiranje varijanata prema broju konfliktnih točaka.

Tablica 18. Rangiranje konfliktnih točaka

| Varijante | Konfliktne točke | Rang |
|-------------|------------------|------|
| Varijanta 1 | 44 | 3 |
| Varijanta 2 | 16* | 2 |
| Varijanta 3 | 16 | 1 |

*-označuje da je to broj konfliktnih točaka po fazi

Slika 43. prikazuje vrednovanje varijanata prema broju konfliktnih točaka.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
>sigurnosni
>konfliktne tocke

Varijanta 3

Varijanta 2

Varijanta 1

Inconsistency = 0,02

with 0 missing judgments.



Slika 43. Vrednovanje varijanata prema broju konfliktnih točaka

Iz dobivenih rezultata može se jasno vidjeti da Varijanta 3 predstavlja najsigurnije rješenje zbog smanjenja broja konfliktnih točaka za iznos veći od 100% u odnosu na Varijantu 1 koja predstavlja najnesigurnije rješenje.

Tablica 19. i Slika 44. prikazuju nam rangiranje i vrednovanje varijanata prema potkriteriju mogućnosti nastanka prometne nesreće.

Tablica 19. Rangiranje varijanata prema vjerojatnosti nastanka prometne nesreće

| Varijante | Vjerojatnost od nastanka prometne nesreće | Rang |
|-------------|---|------|
| Varijanta 1 | velika | 3 |
| Varijanta 2 | srednja | 2 |
| Varijanta 3 | mala | 1 |

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
>sigurnosni
>vjerojatnost od nastanka prometne nesrece



Slika 44. Vrednovanje varijanata prema vjerojatnosti od nastanka prometne nesreće

Iz priložene Tablice 19. i Slike 44. može se vidjeti da je najveća vjerojatnost da će doći do prometne nesreće kod Varijante 1. Upravo Varijanta 1 predstavlja varijantu s najvećim brojem konfliktnih točaka, odnosno Varijanta 1 posjeduje najveće konfliktno područje i za očekivati je da će se prometna nesreća najprije dogoditi krećući se upravo tom varijantom. Varijanta 3 predstavlja najpovoljnije rješenje zbog znatno manjeg broja konfliktnih točaka, kao i zbog znatno manje brzine kretanja vozila.

Tablica 20. i Slika 45. prikazuju rangiranje i vrednovanje varijanata prema potkriteriju posljedice prometnih nesreća.

Tablica 20. Rangiranje varijanata prema potkriteriju posljedice prometnih nesreća

| Varijante | Posljedice prometnih nesreća | Rang |
|-------------|------------------------------|------|
| Varijanta 1 | srednje | 2 |
| Varijanta 2 | teže | 3 |
| Varijanta 3 | lakše | 1 |

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
>sigurnosni
>vjerojatnost od nastanka prometne nesrece



Slika 45. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju posljedice prometnih nesreća

Iz priložene Tablice 20. i Slike 45. može se jasno zaključiti da najveće posljedice prometnih nesreća nastaju krećući se Varijantom 1. Varijanta 1 predstavlja najlošije rješenje jer se često u području klasičnih raskrižja zna dogoditi da određeni vozači ne poštuju pravila prednosti prolaska, kao ni prometnu signalizaciju. Jasno je da su posljedice prometnih nesreća u uskoj vezi s brojem konfliktnih točaka i za očekivati je da će se teže prometne nesreće upravo događati na tim vrstama raskrižja.

7.3.3. Vrednovanje varijanata prema ekonomskim potkriterijima

Za vrednovanje varijanta prema ekonomskim potkriterijima koristit će se okvirni troškovnici s pretpostavljenim vrijednostima, odnosno koristit će se vrijednosti kao i za slične projekte iz područja cestovnog prometa. Također, za trošak otkupa zemljišta definirat će se slična cijena otkupa kao za sličnu privatnu parcelu na području grada Rijeke. Troškovi održavanja pretpostaviti će se na određeni iznos, koji će otprilike iznositi 10% ukupne vrijednosti rekonstrukcije.

Tablica 21. prikazuje okvirni troškovnik rekonstrukcije raskrižja Varijante 1.

Tablica 21. Okvirni troškovnik rekonstrukcije Varijante 1

| R.b. | Opis radova | Jedinična cijena [kn] | Jedinica obračuna | Količina | Ukupna cijena [kn] |
|--|--|-----------------------|-------------------|----------|----------------------|
| GRAĐEVINSKI RADOVI | | | | | |
| Pripremni radovi | | | | | |
| 1 | Iskolčenje | 5 | m ¹ | 320 | 1.600,00 kn |
| 2 | Rezanje asfalta | 18,5 | m ¹ | 160 | 2.960,00 kn |
| 3 | Glodanje i odvoz | 24,5 | m ² | 1100 | 26.950,00 kn |
| 4 | Raskopavanje asfalta i odvoz | 36,8 | m ² | 1500 | 55.200,00 kn |
| 5 | Izrada bankine širine 0,5 m | 18,5 | m ² | 100 | 1.850,00 kn |
| 6 | Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz | 65,7 | m ³ | 600 | 39.420,00 kn |
| 7 | Uređenje posteljice | 5,5 | m ² | 1200 | 6.600,00 kn |
| 8 | Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat. | 159,9 | m ³ | 600 | 95.940,00 kn |
| Asfaltiranje | | | | | |
| 9 | Izravnavajući sloj asfalta | 519 | t | 200 | 103.800,00 kn |
| 10 | Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta | 58,8 | m ² | 1200 | 70.560,00 kn |
| 11 | Betonski rubnjak 18x24x100 cm + temelj | 141 | m ¹ | 45 | 6.345,00 kn |
| 12 | Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj | 98,1 | m ¹ | 10 | 981,00 kn |
| 13 | Betonske kanalice 40x15x100 + temelj | 164,5 | m ¹ | 20 | 3.290,00 kn |
| Ostali radovi (odvodnja) | | | | | |
| 14 | Upojni bunar od betonskih cijevi Ø 500, dubina 3 m | 4.155,10 | kom | 10 | 41.551,00 kn |
| 15 | Poklopac revizionog okna | 442,8 | kom | 10 | 4.428,00 kn |
| 16 | Poklopac revizionog okna (teški) | 2.746,10 | kom | 0 | 0,00 kn |
| 17 | Vodovodna škrinjica | 223,2 | kom | 5 | 1.116,00 kn |
| 18 | Plinska škrinjica | 223,2 | kom | 2 | 446,40 kn |
| 19 | HT zdenac | 1.771,20 | kom | 2 | 3.542,40 kn |
| 20 | Vodovodne komore | 1.771,20 | kom | 5 | 8.856,00 kn |
| 21 | Slivničke rešetke | 1.649,10 | kom | 20 | 32.982,00 kn |
| HORIZONTALNO I VERTIKALNO OZNAČAVANJE | | | | | |
| Vertikalno označavanje | | | | | |
| 22 | Prometni znak (prosjek - ovisi o refleksiji) | 400 | kom | 28 | 11.200,00 kn |
| 23 | Betonski temelj za prometni znak | 200 | kom | 28 | 5.600,00 kn |
| 24 | Pocinčani stup za prometni znak | 50 | m ¹ | 28 | 1.400,00 kn |
| 25 | Postavljanje prometnog znaka | 70 | kom | 28 | 1.960,00 kn |
| 26 | Prostorni element (bumbar) | 1.000,00 | kom | 0 | 0,00 kn |
| Horizontalno označavanje | | | | | |
| 27 | Linije | 3,5 | m ¹ | 100 | 350,00 kn |
| 28 | Polja za usmjeravanje prometa | 25 | m ² | 20 | 500,00 kn |
| 29 | Strjelica jednosmjerna | 95 | kom | 8 | 760,00 kn |
| 30 | Strjelica dvosmjerna | 125 | kom | 12 | 1.500,00 kn |
| 31 | Pješački prijelaz | 25 | m ² | 50 | 1.250,00 kn |
| 32 | Autobusno stajalište | 600 | kom | 0 | 0,00 kn |
| Svjetlosna signalizacija | | | | | |
| 33 | Prometno svjetlo | 6.000,00 | kom | 14 | 84.000,00 kn |
| 34 | Postavljanje prometnog svjetla | 1.000,00 | kom | 14 | 14.000,00 kn |
| 35 | Koordiniranje svjetlosnog programa | 30.000,00 | kom | 1 | 30.000,00 kn |
| PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI | | | | | |
| 36 | Idejno prometno rješenje | 5.500,00 | projekt | 1 | 5.500,00 kn |
| 37 | Glavni i izvedbeni projekt | 15.000,00 | projekt | 1 | 15.000,00 kn |
| UKUPNO [kn] | | | | | 681.437,80 kn |

Tablica 22. prikazuje okvirni troškovnik Varijante 2.

Tablica 22. Okvirni troškovnik Varijante 2

| R.b. | Opis radova | Jedinična cijena [kn] | Jedinica obračuna | Količina | Ukupna cijena [kn] |
|--|--|-----------------------|-------------------|----------|----------------------|
| GRAĐEVINSKI RADOVI | | | | | |
| Pripremni radovi | | | | | |
| 1 | Iskolčenje | 5 | m ¹ | 320 | 1.600,00 kn |
| 2 | Rezanje asfalta | 18,5 | m ¹ | 160 | 2.960,00 kn |
| 3 | Glodanje i odvoz | 24,5 | m ² | 1100 | 26.950,00 kn |
| 4 | Raskopavanje asfalta i odvoz | 36,8 | m ² | 1500 | 55.200,00 kn |
| 5 | Izrada bankine širine 0,5 m | 18,5 | m ² | 100 | 1.850,00 kn |
| 6 | Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz | 65,7 | m ³ | 600 | 39.420,00 kn |
| 7 | Uređenje posteljice | 5,5 | m ² | 1200 | 6.600,00 kn |
| 8 | Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat. | 159,9 | m ³ | 600 | 95.940,00 kn |
| Asfaltiranje | | | | | |
| 9 | Izravnavajući sloj asfalta | 519 | t | 200 | 103.800,00 kn |
| 10 | Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta | 58,8 | m ² | 1200 | 70.560,00 kn |
| 11 | Betonski rubnjak 18x24x100 cm + temelj | 141 | m ¹ | 45 | 6.345,00 kn |
| 12 | Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj | 98,1 | m ¹ | 10 | 981,00 kn |
| 13 | Betonske kanalice 40x15x100 + temelj | 164,5 | m ¹ | 20 | 3.290,00 kn |
| Ostali radovi (odvodnja) | | | | | |
| 14 | Upojni bunar od betonskih cijevi Ø 500, dubina 3 m | 4.155,10 | kom | 10 | 41.551,00 kn |
| 15 | Poklopac revizionog okna | 442,8 | kom | 10 | 4.428,00 kn |
| 16 | Poklopac revizionog okna (teški) | 2.746,10 | kom | 0 | 0,00 kn |
| 17 | Vodovodna škrinjica | 223,2 | kom | 5 | 1.116,00 kn |
| 18 | Plinska škrinjica | 223,2 | kom | 2 | 446,40 kn |
| 19 | HT zdenac | 1.771,20 | kom | 2 | 3.542,40 kn |
| 20 | Vodovodne komore | 1.771,20 | kom | 5 | 8.856,00 kn |
| 21 | Slivničke rešetke | 1.649,10 | kom | 20 | 32.982,00 kn |
| HORIZONTALNO I VERTIKALNO OZNAČAVANJE | | | | | |
| Vertikalno označavanje | | | | | |
| 22 | Prometni znak (prosjek - ovisi o refleksiji) | 400 | kom | 28 | 11.200,00 kn |
| 23 | Betonski temelj za prometni znak | 200 | kom | 28 | 5.600,00 kn |
| 24 | Pocinčani stup za prometni znak | 50 | m ¹ | 28 | 1.400,00 kn |
| 25 | Postavljanje prometnog znaka | 70 | kom | 28 | 1.960,00 kn |
| 26 | Prostorni element (bumbar) | 1.000,00 | kom | 0 | 0,00 kn |
| Horizontalno označavanje | | | | | |
| 27 | Linije | 3,5 | m ¹ | 100 | 350,00 kn |
| 28 | Polja za usmjeravanje prometa | 25 | m ² | 20 | 500,00 kn |
| 29 | Strjelica jednosmjerna | 95 | kom | 8 | 760,00 kn |
| 30 | Strjelica dvosmjerna | 125 | kom | 12 | 1.500,00 kn |
| 31 | Pješački prijelaz | 25 | m ² | 50 | 1.250,00 kn |
| 32 | Autobusno stajalište | 600 | kom | 0 | 0,00 kn |
| Svjetlosna signalizacija | | | | | |
| 33 | Prometno svjetlo | 6.000,00 | kom | 14 | 84.000,00 kn |
| 34 | Postavljanje prometnog svjetla | 1.000,00 | kom | 14 | 14.000,00 kn |
| 35 | Koordiniranje svjetlosnog programa | 30.000,00 | kom | 1 | 30.000,00 kn |
| PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI | | | | | |
| 36 | Idejno prometno rješenje | 5.500,00 | projekt | 1 | 5.500,00 kn |
| 37 | Glavni i izvedbeni projekt | 15.000,00 | projekt | 1 | 15.000,00 kn |
| UKUPNO [kn] | | | | | 681.437,80 kn |

Tablica 23 prikazuje okvirni troškovnik rekonstrukcije Varijante 3.

Tablica 23. Okvirni troškovnik Varijante 3

| R.b. | Opis radova | Jedinična cijena [kn] | Jedinica obračuna | Količina | Ukupna cijena [kn] |
|--|--|-----------------------|-------------------|----------|----------------------|
| GRAĐEVINSKI RADOVI | | | | | |
| Pripremni radovi | | | | | |
| 1 | Iskolčenje | 5 | m ¹ | 440 | 2.200,00 kn |
| 2 | Rezanje asfalta | 18,5 | m ¹ | 200 | 3.700,00 kn |
| 3 | Glodanje i odvoz | 24,5 | m ² | 1200 | 29.400,00 kn |
| 4 | Raskopavanje asfalta i odvoz | 36,8 | m ² | 1500 | 55.200,00 kn |
| 5 | Izrada bankine širine 0,5 m | 18,5 | m ² | 120 | 2.220,00 kn |
| 6 | Iskop donjeg stroja, utovar i odvoz | 65,7 | m ³ | 800 | 52.560,00 kn |
| 7 | Uređenje posteljice | 5,5 | m ² | 1200 | 6.600,00 kn |
| 8 | Izrada gornjeg stroja, sabijanje, poravnavanje, dovoz mat. | 159,9 | m ³ | 900 | 143.910,00 kn |
| Asfaltiranje | | | | | |
| 9 | Izravnavajući sloj asfalta | 519 | t | 400 | 207.600,00 kn |
| 10 | Asfaltiranje gornjeg sloja asfalta | 58,8 | m ² | 1500 | 88.200,00 kn |
| 11 | Betonski rubnjak 18x24x100 cm + temelj | 141 | m ¹ | 43 | 6.063,00 kn |
| 12 | Betonski rubnjak 8x20x50 cm + temelj | 98,1 | m ¹ | 24 | 2.354,40 kn |
| 13 | Betonske kanalice 40x15x100 + temelj | 164,5 | m ¹ | 40 | 6.580,00 kn |
| Ostali radovi (odvodnja) | | | | | |
| 14 | Upojni bunar od betonskih cijevi Ø 500, dubina 3 m | 4.155,10 | kom | 16 | 66.481,60 kn |
| 15 | Poklopac revizionog okna | 442,8 | kom | 16 | 7.084,80 kn |
| 16 | Poklopac revizionog okna (teški) | 2.746,10 | kom | 10 | 27.461,00 kn |
| 17 | Vodovodna škrinjica | 223,2 | kom | 6 | 1.339,20 kn |
| 18 | Plinska škrinjica | 223,2 | kom | 2 | 446,40 kn |
| 19 | HT zdenac | 1.771,20 | kom | 2 | 3.542,40 kn |
| 20 | Vodovodne komore | 1.771,20 | kom | 5 | 8.856,00 kn |
| 21 | Slivničke rešetke | 1.649,10 | kom | 47 | 77.507,70 kn |
| HORIZONTALNO I VERTIKALNO OZNAČAVANJE | | | | | |
| Vertikalno označavanje | | | | | |
| 22 | Prometni znak (prosjek - ovisi o refleksiji) | 400 | kom | 47 | 18.800,00 kn |
| 23 | Betonski temelj za prometni znak | 200 | kom | 47 | 9.400,00 kn |
| 24 | Pocinčani stup za prometni znak | 50 | m ¹ | 47 | 2.350,00 kn |
| 25 | Postavljanje prometnog znaka | 70 | kom | 47 | 3.290,00 kn |
| 26 | Prostorni element (bumbar) | 1.000,00 | kom | 4 | 4.000,00 kn |
| Horizontalno označavanje | | | | | |
| 27 | Linije | 3,5 | m ¹ | 200 | 700,00 kn |
| 28 | Polja za usmjeravanje prometa | 25 | m ² | 24 | 600,00 kn |
| 29 | Strjelica jednosmjerna | 95 | kom | 0 | 0,00 kn |
| 30 | Strjelica dvosmjerna | 125 | kom | 0 | 0,00 kn |
| 31 | Pješački prijelaz | 25 | m ² | 60 | 1.500,00 kn |
| 32 | Autobusno stajalište | 600 | kom | 0 | 0,00 kn |
| PROMETNO - TEHNOLOŠKI PROJEKTI | | | | | |
| 35 | Idejno prometno rješenje | 6.700,00 | projekt | 1 | 6.700,00 kn |
| 36 | Glavni i izvedbeni projekt | 18.000,00 | projekt | 1 | 18.000,00 kn |
| UKUPNO [kn] | | | | | 864.646,50 kn |

Korištenjem podataka iz prethodnih tablica, predložene varijante su se rangirale te vrednovala. Rangovi varijanta prema troškovima rekonstrukcije mogu se vidjeti u Tablici 24.

Tablica 24. Rangiranje varijanata prema trošku rekonstrukcije

| Varijante | Troškovi rekonstrukcije [kn] | Rang |
|-------------|------------------------------|------|
| Varijanta 1 | 548.997,80 | 1 |
| Varijanta 2 | 681.437,80 | 2 |
| Varijanta 3 | 864.646,50 | 3 |

Slika 46. prikazuje vrednovanje varijanata prema trošku rekonstrukcije.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
>ekonomski
>trosak rekonstrukcije



Slika 46. Vrednovanje varijanata prema trošku rekonstrukcije

Iz Slike 46. i Tablice 24. može se zaključiti da sve tri varijante zahtijevaju poprilično velike novčane iznose za rekonstrukciju. Također, može se zaključiti da je najveća težinska vrijednost dana Varijanti 1 kao najjeftinijem rješenju, a najmanja težinska vrijednost od 24,3% dana je Varijanti 3 kao najskupljem rješenju.

Tablica 25. prikazuje rangiranje varijanata prema trošku održavanja.

Tablica 25. Rangiranje varijanata prema trošku održavanja

| Varijante | Troškovi održavanja [kn] | Rang |
|-------------|--------------------------|------|
| Varijanta 1 | 6.000,00 | 1 |
| Varijanta 2 | 7.000,00 | 2 |
| Varijanta 3 | 10.000,00 | 3 |

Na Slici 47. može se vidjeti vrednovanje varijanata prema trošku održavanja.

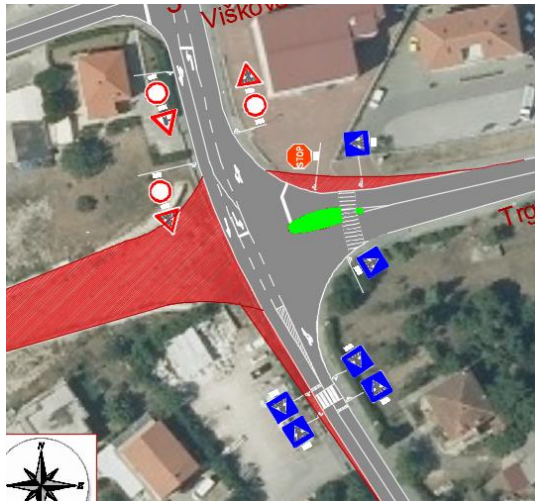
Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
>ekonomski
>trosak održavanja



Slika 47. Vrednovanje varijanata prema trošku održavanja

Iz Tablice 25. i Slike 47., može se zaključiti da najmanje troškove održavanja zahtjeva Varijanta 1, odnosno najveće troškove održavanja potražuje Varijanta 3 kao najkompleksnije i najsofisticiranije rješenje u smislu projektno-oblikovnih elemenata.

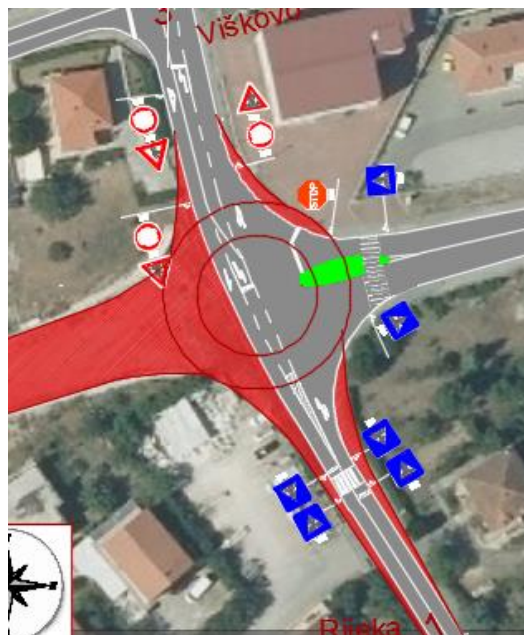
Slika 48 prikazuje zemljište koje je potrebno otkupiti za izgradnju Varijante 1 i Varijante 2.



Slika 48. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva za izgradnju Varijante 1 i Varijante 2

Slika 48. prikazuje površinu od 1200 m² koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva.

Slika 49. prikazuje zemljište koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva za izgradnju Varijante 3.



Slika 49. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva za izgradnju Varijante 3

Na Slici 49. može se vidjeti površina od 1390 m² koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva za izgradnju Varijante 3.

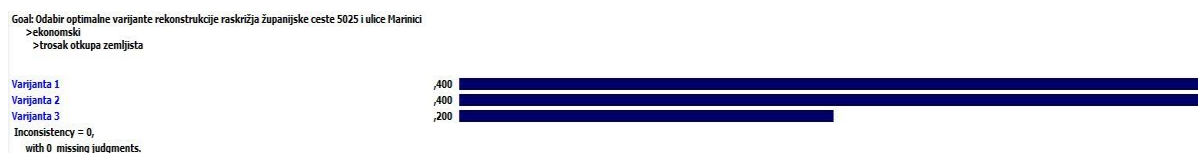
Za definiranje rangova, odnosno za definiranje cijene otkupa zemljišta koristit će se iznos od 50 eur/m². Cijena od 50 eur/m² definirana je prema sličnoj otkupnoj vrijednosti privatne parcele na području grada Rijeke [15].

Tablica 26. prikazuje rangiranje varijanta prema iznosu otkupljenog zemljišta.

Tablica 26. Rangiranje varijanata prema iznosu otkupljenog zemljišta

| Varijante | Površina otkupljenog zemljišta[m ²] | Troškovi otkupa zemljišta [eur] | Rang |
|-------------|---|---------------------------------|------|
| Varijanta 1 | 1.200 | 60.000,00 | 1 |
| Varijanta 2 | 1.200 | 60.000,00 | 1 |
| Varijanta 3 | 1.390 | 69.500,00 | 2 |

Na Slici 50. može se vidjeti vrednovanje varijanta prema iznosu otkupljenog zemljišta.



Slika 50. Rangiranje varijanata prema iznosu otkupljenog zemljišta

Iz Slike 48. i 49. te iz Tablice 26., može se doći do zaključka da je potrebno otkupiti znatnu količinu zemljišta. Varijanta 3 kao najkompleksnije rješenje, u smislu otkupa zemljišta zahtijeva najveće izdatke i zbog toga pri vrednovanju varijanata dodijeljena joj je najniža težinska vrijednost.

7.3.4. Vrednovanje varijanata prema ekološkim potkriterijima

Za vrednovanje varijanata prema ekološkim kriterijima koristit će se izlazni rezultati simulacija provedenih u programskom alatu PTV Vissim u poglavlju 5 ovog rada.

Tablica 27. prikazuje rangiranje varijanata prema emisiji štetnih plinova.

Tablica 27. Rangiranje varijanata prema količini emisije štetnih plinova

| Varijante | Emisija štetnih plinova [g/Kwh] | Rang |
|-------------|---------------------------------|------|
| Varijanta 1 | 411,85 | 2 |
| Varijanta 2 | 351,30 | 1 |
| Varijanta 3 | 438,066 | 3 |

Slika 51 prikazuje vrednovanje varijanata prema količini emisije štetnih plinova.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
 >ekološki
 >emisija štetnih plinova

Varijanta 2
 Varijanta 1
 Varijanta 3

Inconsistency = 0,07
 with 0 missing judgments.



Slika 51. Vrednovanje varijanata prema količini emisije štetnih plinova

Iz Tablice 28. može se zaključiti da najveću emisiju štetnih plinova vozila stvaraju krećući se Varijantom 3. Ovaj element u uskoj vezi je uz vrijeme putovanja vozila raskrižjem, a pošto je ono znatno veće kod Varijante 3 poprilično je i za očekivati da će vozila krećući se Varijantom 3 stvoriti najveću emisiju štetnih plinova.

Tablica 28. prikazuje rangiranje varijanata prema razini buke.

Tablica 28. Rangiranje varijanata prema razini buke

| Varijante | Razina buke | Rang |
|-------------|----------------|------|
| Varijanta 1 | <i>srednja</i> | 1 |
| Varijanta 2 | <i>srednja</i> | 1 |
| Varijanta 3 | <i>velika</i> | 2 |

Slika 52. prikazuje vrednovanje varijanata prema razini buke.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
 >ekološki
 >razina buke

Varijanta 1
 Varijanta 2
 Varijanta 3

Inconsistency = 0,
 with 0 missing judgments.



Slika 52. Vrednovanje varijanata prema razini buke

Iz priložene Tablice 28. može se doći do zaključka da vozila krećući se Varijantom 3 proizvode najveći iznos buke. Zbog produljenja vremena putovanja, posebice teretnih vozila jasno je da Varijanta 3 predstavlja najbučnije rješenje.

Tablica 29. prikazuje rangiranje varijanata prema potrošnji goriva.

Tablica 29. Rangiranje varijanata prema količini potrošenog goriva

| Varijante | Potrošnja goriva [l] | Rang |
|-------------|----------------------|------|
| Varijanta 1 | 5,89 | 2 |
| Varijanta 2 | 5,026 | 1 |
| Varijanta 3 | 6,267 | 3 |

Slika 53. prikazuje vrednovanje varijanata prema količini potrošenog goriva.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
 >ekološki
 >potrošnja goriva

Varijanta 2
 Varijanta 1
 Varijanta 3
 Inconsistency = 0,02
 with 0 missing judgments.



Slika 53. Vrednovanje varijanata prema količini potrošenog goriva

Iz Tablice 29. može se zaključiti da vozila najveću količinu goriva potroše krećući se Varijantom 3, što ujedno izaziva za posljedicu nastajanje sve veće razine štetnih plinova. Prema tome, Varijanta 2 predstavlja najpovoljnije rješenje s težinom od 62,5%.

7.3.5. Vrednovanje varijanata prema prostorno-urbanističkim potkriterijima

Za vrednovanje varijanata prostorno urbanističkim-potkriterijima koristit će se podatci o zauzeću površine potrebne za izgradnju pojedine varijante, kao i nemjerljivi podatci o narušavanju okolnog prostora koji će se opisno prikazati.

Tablica 30. prikazuje rangiranje varijanata prema zauzeću prostora.

Tablica 30. Rangiranje varijanata prema zauzeću površine

| Varijante | Zauzeće prostora [m ²] | Rang |
|-------------|------------------------------------|------|
| Varijanta 1 | 3.170 | 1 |
| Varijanta 2 | 3.170 | 1 |
| Varijanta 3 | 3.365 | 2 |

Slika 54. prikazuje vrednovanje varijanata prema zauzeću prostora.

Goal: Odabir optimalne varijante rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinici
 >prostorno-urbanistički
 >zauzeće prostora

Varijanta 1
 Varijanta 2
 Varijanta 3
 Inconsistency = 0,
 with 0 missing judgments.



Slika 54. Vrednovanje varijanata prema zauzeću prostora

Iz priložene Tablice 30., može se zaključiti da Varijanta 3 zauzima 200 m² veću površinu od Varijante 1 i 2. Temeljem toga Varijanti 3 je dana najmanja težinska vrijednost od 20%.

Tablica 31. prikazuje rangiranja varijanata prema narušavanju okolnog prostora.

Tablica 31. Rangiranje varijanata prema količini narušenog prostora

| Varijante | Narušavanje okolnog prostora | Rang |
|-------------|------------------------------|------|
| Varijanta 1 | <i>malo</i> | 1 |
| Varijanta 2 | <i>malo</i> | 1 |
| Varijanta 3 | <i>srednje</i> | 2 |

Slika 55. prikazuje vrednovanje varijanata prema količini narušenog prostora.



Slika 55. Vrednovanje varijanata prema količini narušenog prostora

Temeljem podataka iz Tablice 31. može se doći do zaključka da Varijanta 3 zbog svoje kompleksnosti i zbog prostornog većeg zauzeća površine dodatno narušava okolni prostor. Sukladno tome, Varijanti 3 je dodijeljena najmanja težinska vrijednost.

7.3.6. Vrednovanje varijanata prema kompleksnosti izvedbe

Kompleksnost izvedbe prikazat će se pomoću opisnih vrijednosti prema kojima će se vrednovati varijante.

Tablica 32. prikazuje rangiranje varijanata prema kompleksnosti izvedbe.

Tablica 32. Rangiranje varijanata prema kompleksnosti izvedbe

| Varijante | Kompleksnost izgradnje | Rang |
|-------------|------------------------|------|
| Varijanta 1 | <i>mala</i> | 1 |
| Varijanta 2 | <i>srednja</i> | 2 |
| Varijanta 3 | <i>velika</i> | 3 |

Slika 56. prikazuje vrednovanje varijanata prema kompleksnosti izvedbe.



Slika 56. Vrednovanje varijanata prema kompleksnosti izvedbe

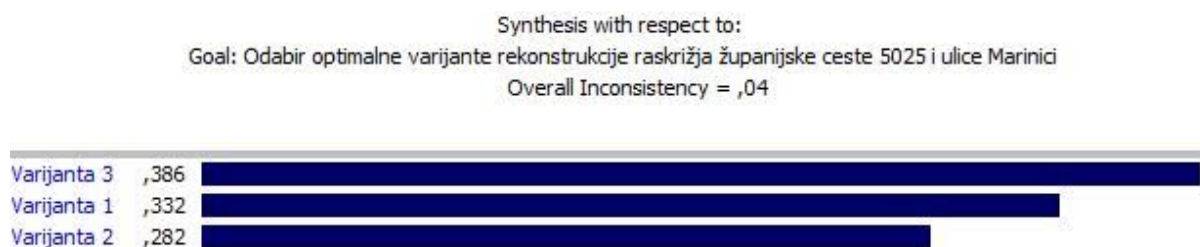
Budući da Varijanta 3 predstavlja najkompleksnije rješenje u smislu projektiranja i gradnje, za očekivati je da će Varijanta 3 biti na posljednjem mjestu. Temeljem toga kao

najjednostavnije rješenje gradnje nameće se Varijanta 1 kao optimalna varijanta s težinom od 59,4%.

8. IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA I ANALIZA OSJETLJIVOSTI

Temeljem provedenih postupaka višekriterijske analize može se doći do zaključka da Varijanta 3, odnosno raskrižje s kružnim tokom prometa predstavlja optimalno rješenje. Drugo najpovoljnije rješenje jest Varijanta 1, odnosno klasično četverokrako raskrižje s odvojenim trakovima za lijevo skretanje. Kao najnepovoljnije rješenje za prognozirano prometno opterećenje nameće se Varijanta 2, odnosno raskrižje upravljano prometnim svjetlima.

Konačni rezultati provedene višekriterijske analize prikazani su na Slici 57.



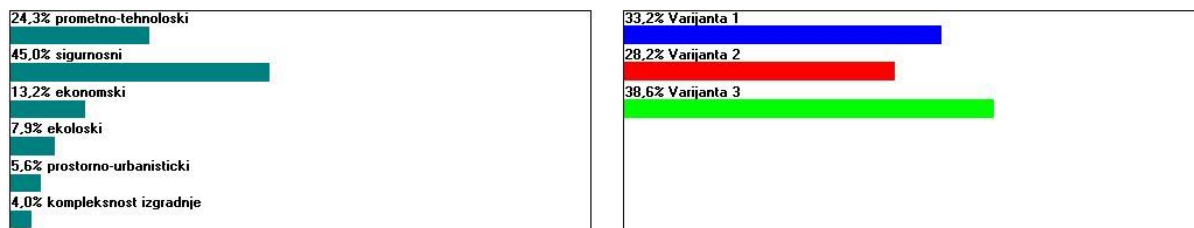
Slika 57. Optimalno rješenje provedene višekriterijske analize

Kao što prikazuje Slika 57., može se vidjeti da postoji relativno mala razlika između težina svake pojedine varijante. Temeljem toga može se zaključiti da sve tri varijante predstavljaju relativno dobro rješenje za prognozirano prometno opterećenje koje bi se moglo javiti izgradnjom četvrtog privoza. Optimalnom rješenju, odnosno Varijanti 3 dodijeljena je konačna težina preferencije u iznosu 38,6%. Varijanti 1 kao drugom najpovoljnijem rješenju dodijeljena je vrijednost od 33,2%, a kao najmanje povoljnom rješenju, odnosno Varijanti 2 dodijeljena je vrijednost 28,2%. Također bitno je naglasiti da je konzistentnost znatno manja od dopuštenih 10% te iznosi malih 4%. Na temelju tog postotka može se zaključiti da je pravilno proveden postupak višekriterijske analize.

8.1. Analiza osjetljivosti projekta

Analiza osjetljivosti predstavlja posljednji korak AHP metode. Na temelju analize osjetljivosti može se ispitati osjetljivost projekta ukoliko bi došlo do promjene kritičnih varijabli odlučivanja. U ovome slučaju kritične varijable odlučivanja predstavljaju kriteriji i potkriteriji. Za potrebe prikaza analize osjetljivosti koristit će se dinamički grafovi u Expert Choicu. Dinamički graf služi za usporedni prikaz važnosti pojedinih kriterija za svaku varijantu.

Na Slici 58. može se vidjeti dinamički graf postojećeg stanja.



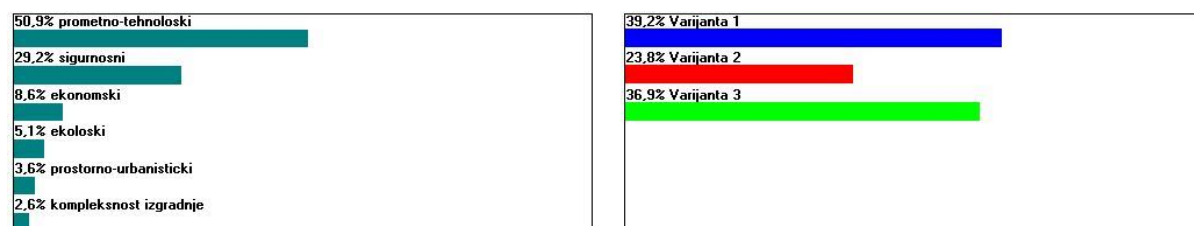
Slika 58. Dinamički graf postojećeg stanja

Kao što prikazuje Slika 58. mogu se utvrditi ranije doneseni zaključci. Najvažniji kriterij predstavlja sigurnost, a optimalna varijanta provedene višekriterijske analize je Varijanta 3.

Ukoliko bi došlo do promjene nekih ključnih pokazatelja koji u ovome slučaju predstavlja prometno-tehnološki kriterij koji je promijenjen s 24,3% na 50,9% važnosti, Varijanta 3 prestaje biti optimalno rješenje. U tome slučaju najpovoljnije rješenje postaje Varijanta 1.

Prometno-tehnološki kriterij izabran je iz razloga ukoliko se ne bi ostvarilo prognozirano prometno opterećenje, odnosno ukoliko bi došlo do značajnog povećanja prometa na raskrižju, prometno-tehnološki kriterij postao bi znatno više važan za učinkovitost određene investicije.

Na Slici 59. može se vidjeti dinamički graf promijenjenog stanja nakon povećavanja važnosti prometno-tehnološkog kriterija za 26,6%.



Slika 59. Dinamički graf promijenjenog stanja

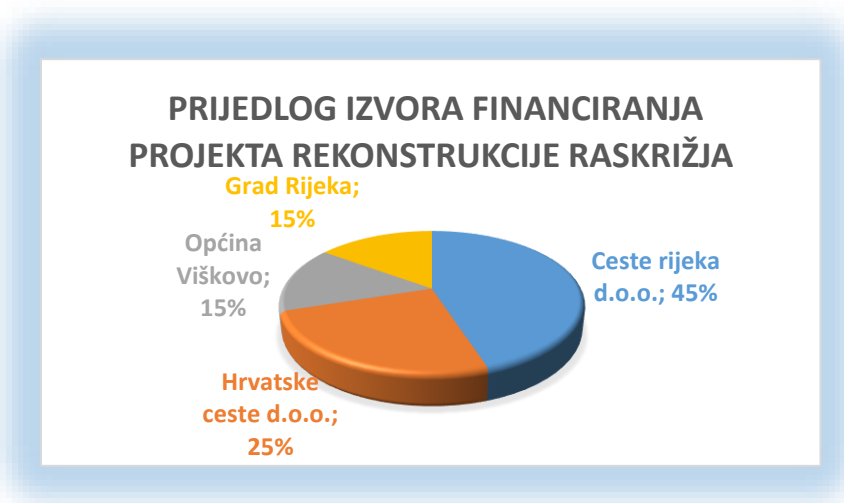
Kao što prikazuje Slika 59. može se vidjeti da optimalna varijanta promijenjenog stanja postaje Varijanta 1 s težinom od 39,2%.

8.2. Prijedlog financiranja projekta

Prometni projekti, kao i svi drugi projekti, zahtijevaju visoke novčane izdatke. Iz toga razloga prometni projekti se najčešće financiraju iz državnih sredstava ili financiranje vrši jedinica lokalne ili regionalne samouprave, tj. velikog grada. U postupku gradnje određenog prometnog projekta u postupku pripreme dokumentacije najčešće sudjeluju: investitor koji je često i vlasnik građevine, revident, nadzorni inženjer, projektant i izvođač radova [11]. Investitor može biti fizička ili pravna osoba koja vrši financiranje određenog prometnog objekta. Fizičke osobe su najčešće vlasnici nekih većih trgovačkih centara, hotela, postaja za gorivo ili slično za koje se izrađuje određeno prometno rješenje. Pravne osobe mogu biti ministarstva, jedinice lokalne ili regionalne samouprave, poduzeća kojima je država osnivač, kao što je to npr. tvrtka Hrvatske ceste d.o.o.. Kod financiranja određenog prometnog projekta može sudjelovati i više investitora.

Za financiranje projekta rekonstrukcije raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići predlaže se mješoviti tip financiranja gradnje. Budući da se raskrižje županijske ceste 5025 i ulice Marinići nalazi na izrazito opterećenoj županijskoj cesti, za glavni izvor financiranja gradnje predlaže se tvrtka Ceste rijeka d.o.o., koja je u većinskom privatnom vlasništvu. Budući da se rekonstrukcijom raskrižja županijske ceste 5025 i ulice Marinići planira spojiti novo planirana državna cesta 427, za određeni iznos financiranja projekta predlaže se tvrtka Hrvatske ceste d.o.o., koja je u većinskom vlasništvu države. Budući da će rekonstrukcija ovog raskrižja pogodovati razvoju šireg gravitacijskog područja grada Rijeke kao dodatni investitori predlažu se općina Viškovo kao i sam grad Rijeka.

Grafikon 1 prikazuje izvore financiranja projekta rekonstrukcije raskrižja.



Grafikon 1. Prijedlog izvora financiranja projekta rekonstrukcije raskrižja

9.ZAKLJUČAK

Na cestovnim raskrižjima javlja se najveća konfliktna zona zbog međusobne interakcije između raznih sudionika u prometu, kao što su: vozila, biciklisti, pješaci i slično. Temeljem toga, prometni inženjeri moraju pravovremeno uočiti nedostatke pojedinih prometnih rješenja te ukazati jedinicama lokalne i regionalne samouprave na potrebu za rekonstrukcijom istog. Prije postupka rekonstrukcije važno je definirati više varijanata koje će se međusobno vrednovati prema raznim kriterijima i potkriterijima. Višekriterijsko vrednovanje je izrazito bitno jer se na temelju rezultata višekriterijske analize može dobiti jasan uvid u učinkovitost pojedine varijante prema važnosti pojedinih kriterija odnosno potkriterija.

Temeljem svega navedenoga u ovome diplomskome radu može se zaključiti da je sadašnje stanje na raskrižju županijske ceste 5025 i ulice Marinići poprilično opasno. Uočeni su nepravilno projektirani projektno-oblikovni elementi, kao i nedostatak jasne i uočljive prometne signalizacije. Ukoliko bi u budućnosti došlo do planiranja izgradnje dodatnog četvrtog privoza, na raskrižju bi se morala izvršiti cjelovita rekonstrukcija. Temeljem postupaka provedene višekriterijske analize utvrđeno je da je optimalna varijanta rekonstrukcije raskrižja, Varijanta 3 odnosno raskrižje s kružnim tokom prometa. Ovo je ujedno i logično rješenje jer prometnom prognozom raskrižja za razdoblje od pet godina prognozira se da će privozi biti poprilično sličnog iznosa prometnog opterećenja. Također Varijanta 3 predstavlja rješenje s najmanje konfliktnih točaka. Samim time povećala bi se učinkovitost odvijanja cjelokupnog prometnog procesa kroz raskrižje te bi se znatno povećala razina sigurnosti za sve sudionike u prometu.

POPIS LITERATURE

- [1] Barić, D.: *Model planiranja prometno-tehnoloških projekata u funkciji razvoja željeznice* (doktorska disertacija), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [2] Barić, D.: *Nastavni materijali iz kolegija Vrednovanje cestovnih projekata*, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2015/2016
- [3] Kovačić, B.: *Višekriterijsko odlučivanje u prometu* (magistarski rad), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004,
- [4] http://www.hrvatskeceste.hr/UserDocsImages/PDF/Brojenje%20prometa%20na%20cestama%20Republike%20Hrvatske_%202015.pdf (pristupljeno 20.3.2016.)
- [5] Pilko, H.: *Optimizacija oblikovne i sigurnosne komponente raskrižja s kružnim tokom prometa* (doktorska disertacija), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [6] <http://www.googlemaps.com> (pristupljeno 17.4.2016.)
- [7] <http://www.mppi.hr/default.aspx?id=10391> (pristupljeno 11.4.2016.)
- [8] <http://www.opcina-viskovo.hr/www.opcina-viskovo.hr/files/51/51feebfa-b13f-41b1-99f8-ec7164118876.pdf> (pristupljeno 13.4.2016.)
- [9] Dadić, I., Kos, G.: *Nastavni materijali iz kolegija Teorija prometnih tokova*, Fakultet prometnih znanosti, akademska godina 2014/2015
- [10] Legac, I.: *Raskrižja javnih cesta / Cestovne prometnice II*, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2008.
- [11] Brlek, P., Dadić I., Šoštarić M.: *Prometno tehnološko projektiranje (autorizirana predavanja, radna verzija)*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
- [12] *Pravilnik o prometnim znacima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 105/04)*
- [13] Šraml, M. i Jovanović, J.: *Mikrosimulacije u prometu (radni udžbenik s primjenom Vissima-a)*, Maribor, Fakultet za gradbeništvo, 2014
- [14] http://web.efzg.hr/dok/OIM/dhruska/SWOT_analiza.pdf (pristupljeno 10.5.2016.)
- [15] http://www.ind-zone.hr/download/cjenik_2016.pdf (pristupljeno 2.6.2016.)

Korišteni programski alati:

AutoCAD 2015

Microsoft Office Excel 2015

PTV Vissim 8.0-Student Version

Expert Choice 11.5

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Koeficijenti EJA jedinica | 24 |
| Tablica 2. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj jedan..... | 25 |
| Tablica 3. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj dva..... | 26 |
| Tablica 4. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj tri | 27 |
| Tablica 5. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj jedan..... | 29 |
| Tablica 6. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj dva..... | 30 |
| Tablica 7. Rezultati brojanja prometa na brojačkoj poziciji broj tri | 31 |
| Tablica 8. Izlazni rezultati simulacije Varijante 1 | 42 |
| Tablica 9. Izlazni rezultati simulacije Varijante 2 | 44 |
| Tablica 10. Izlazni rezultati simulacije Varijante 3 | 44 |
| Tablica 11. SWOT matrica Varijante 1 | 46 |
| Tablica 12. SWOT matrica Varijante 2 | 47 |
| Tablica 13. SWOT matrica Varijante 3 | 47 |
| Tablica 14. Rangiranje varijanata prema prosječnom kašnjenju vozila | 53 |
| Tablica 15. Rangiranje varijanata prema prosječnoj brzini kretanja vozila..... | 54 |
| Tablica 16. Rangiranje varijanata prema duljini repa čekanja..... | 55 |
| Tablica 17. Vrednovanje varijanata prema prosječnoj duljini putovanja vozila | 55 |
| Tablica 18. Rangiranje konfliktnih točaka..... | 58 |
| Tablica 19. Rangiranje varijanata prema vjerojatnosti nastanka prometne nesreće | 59 |
| Tablica 20. Rangiranje varijanata prema potkriteriju posljedice prometnih nesreća..... | 59 |
| Tablica 21. Okvirni troškovnik rekonstrukcije Varijante 1 | 61 |
| Tablica 22. Okvirni troškovnik Varijante 2 | 62 |
| Tablica 23. Okvirni troškovnik Varijante 3 | 63 |
| Tablica 24. Rangiranje varijanata prema trošku rekonstrukcije | 63 |
| Tablica 25. Rangiranje varijanata prema trošku održavanja..... | 64 |
| Tablica 26. Rangiranje varijanata prema iznosu otkupljenog zemljišta | 66 |
| Tablica 27. Rangiranje varijanata prema količini emisije štetnih plinova..... | 66 |
| Tablica 28. Rangiranje varijanata prema razini buke | 67 |
| Tablica 29. Rangiranje varijanata prema količini potrošenog goriva | 67 |
| Tablica 30. Rangiranje varijanata prema zauzeću površine..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Tablica 31. Rangiranje varijanata prema količini narušenog prostora | 69 |
| Tablica 32. Rangiranje varijanata prema kompleksnosti izvedbe | 69 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Podjela višekriterijskog odlučivanja [1] | 3 |
| Slika 2. Hijerarhijska struktura jednostavnog modela višekriterijske analize [2] | 4 |
| Slika 3. Osnovne značajke AHP modela [2]..... | 8 |
| Slika 4. Proces donošenja odluke AHP metodom [2]..... | 8 |
| Slika 5. Hijerarhijska struktura AHP modela [2]..... | 9 |
| Slika 6. Saatyeva omjerna skala [2] | 9 |
| Slika 7. Prikaz makro lokacije Viškova [5] | 15 |
| Slika 8. Položaj Viškova u odnosu na centar grada Rijeke [5]..... | 16 |
| Slika 9. Prikaz Mediteranskog TEN-T koridora na prostoru Hrvatske [6]..... | 17 |
| Slika 10. Prostorni plan uređenja Općine Viškovo [7] | 18 |
| Slika 11. Tlocrtni prikaz raskrižja..... | 19 |
| Slika 12. Privozna preglednost iz smjera sjevera..... | 20 |
| Slika 13. Privozna preglednost iz smjera juga | 21 |
| Slika 14. Privozna preglednost iz smjera istoka | 22 |
| Slika 15. Prikaz brojačkih mjesta..... | 24 |
| Slika 16. Kretanje i intenzitet prometnih tokova u jutarnjem vršnom satu | 28 |
| Slika 17. Kretanje i intenzitet prometnih tokova u popodnevnom vršnom satu..... | 32 |
| Slika 18. Prometna prognoza raskrižja nakon izgradnje četvrtog privoza u 2021. godini | 34 |
| Slika 19. Varijanta 1 | 35 |
| Slika 20. Varijanta 2 | 37 |
| Slika 21. Varijanta 3 | 39 |
| Slika 22. Izlazni rezultati simulacije u PTV Vissumu [12] | 41 |
| Slika 23. Simulacijski model Varijante 1 | 42 |
| Slika 24. Signalni program Varijante 2..... | 43 |
| Slika 25. Simulacijski model Varijante 2 | 43 |
| Slika 26. Simulacijski model Varijante 3 | 44 |
| Slika 27. Osnovna struktura SWOT matrice [13]..... | 46 |
| Slika 28. Hijerarhijska struktura | 48 |
| Slika 29. Vrednovanje kriterija | 50 |
| Slika 30. Vrednovanje potkriterija u odnosu na kriterij sigurnost | 50 |

| | |
|--|----|
| Slika 31. Vrednovanje potkriterija u odnosu na prometno-tehnološki kriterij | 51 |
| Slika 32. Vrednovanje potkriterija u odnosu na ekonomski kriterij | 51 |
| Slika 33. Vrednovanje potkriterija u odnosu na ekološki kriterij | 52 |
| Slika 34. Vrednovanje potkriterija u odnosu na prostorno-urbanistički kriterij | 53 |
| Slika 35. Vrednovanje varijanata prema prosječnom vremenu kašnjenja vozila | 54 |
| Slika 36. Vrednovanje varijanata prema prosječnoj brzini kretanja vozila | 54 |
| Slika 37. Vrednovanje varijanta prema duljini repa čekanja | 55 |
| Slika 38. Vrednovanje varijanta prema prosječnoj duljini putovanja vozila | 55 |
| Slika 39. Konfliktne točke Varijante 1 | 56 |
| Slika 40. Konfliktne točke varijante 2-faza 1 | 57 |
| Slika 41. Konfliktne točke varijante 2-faza 2 | 57 |
| Slika 42. Konfliktne točke Varijante 3 | 58 |
| Slika 43. Vrednovanje varijanata prema broju konfliktnih točaka | 58 |
| Slika 44. Vrednovanje varijanata prema vjerojatnosti od nastanka prometne nesreće | 59 |
| Slika 45. Vrednovanje varijanata prema potkriteriju posljedice prometnih nesreća | 59 |
| Slika 46. Vrednovanje varijanata prema trošku rekonstrukcije | 64 |
| Slika 47. Vrednovanje varijanata prema trošku održavanja | 64 |
| Slika 48. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva za izgradnju Varijante 1 i Varijante 2..... | 65 |
| Slika 49. Prikaz zemljišta koje je potrebno otkupiti iz privatnog vlasništva za izgradnju Varijante 3..... | 65 |
| Slika 50. Rangiranje varijanata prema iznosu otkupljenog zemljišta | 66 |
| Slika 51. Vrednovanje varijanata prema količini emisije štetnih plinova | 67 |
| Slika 52. Vrednovanje varijanata prema razini buke | 67 |
| Slika 53. Vrednovanje varijanata prema količini potrošenog goriva..... | 68 |
| Slika 54. Vrednovanje varijanata prema zauzeću prostora | 68 |
| Slika 55. Vrednovanje varijanata prema količini narušenog prostora | 69 |
| Slika 56. Vrednovanje varijanata prema kompleksnosti izvedbe | 69 |
| Slika 57. Optimalno rješenje provedene višekriterijske analize | 71 |
| Slika 58. Dinamički graf postojećeg stanja..... | 72 |
| Slika 59. Dinamički graf promijenjenog stanja | 72 |

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prijedlog izvora financiranja projekta rekonstrukcije raskrižja.....73

POPIS PRILOGA

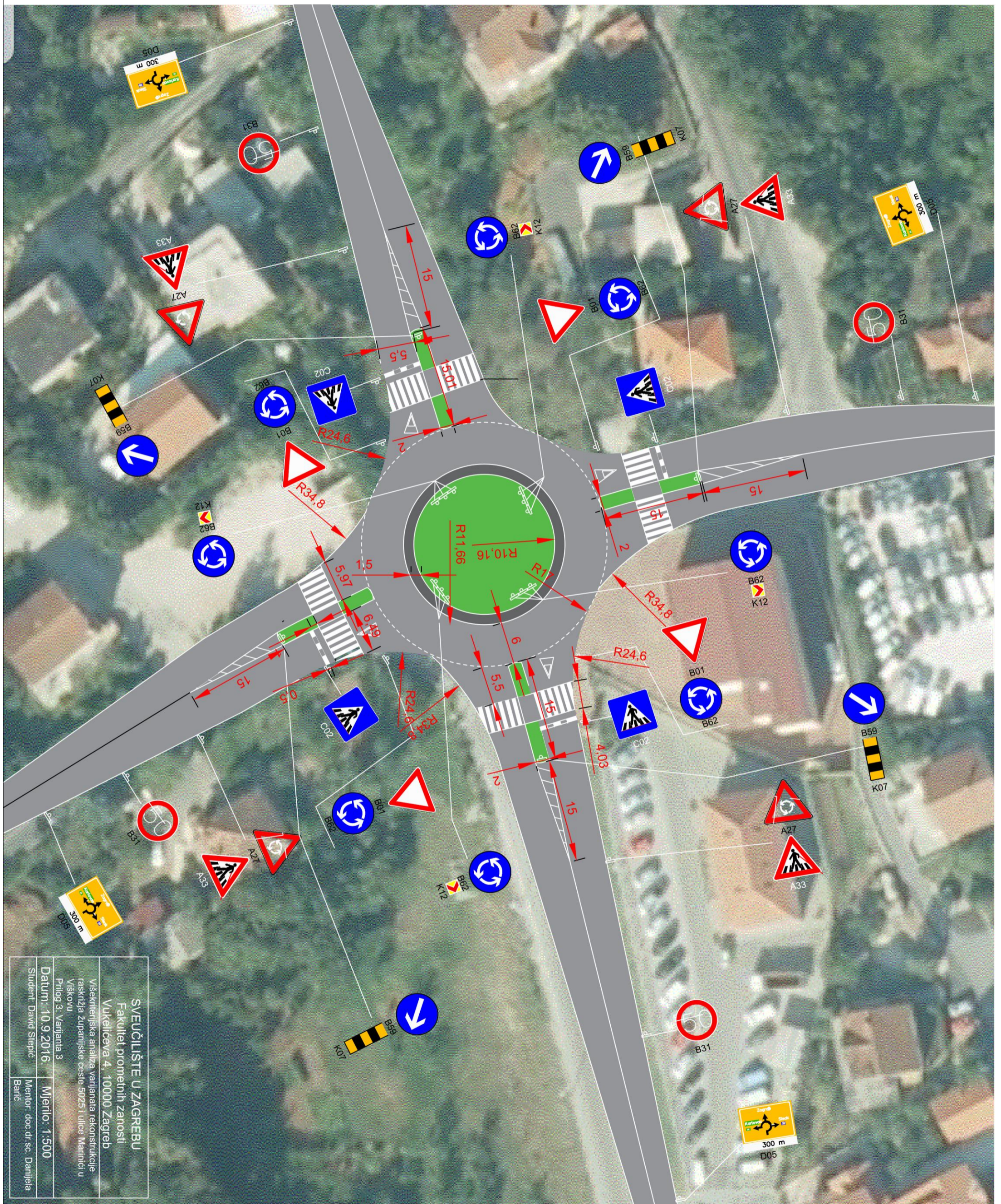
1. Varijanta 1 - klasično četverokrako raskrižje
2. Varijanta 2 - raskrižje upravljano prometnim svjetlima
3. Varijanta 3 - raskrižje s kružnim tokom prometa



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Fakultet prometnih znanosti
Vukeljeva 4, 10000 Zagreb
 Višekriterijska analiza varijanata rekonstrukcije
 raskršća županijske ceste 5025 i ulice Matinići u
 Viškovu
 Prilog 1: Varijanta 1
Datum: 10.9.2016. **Mjerilo:** 1:500
Student: David Stepić **Mentor:** doc.dr.sc. Danijela
 Barić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 Fakultet prometnih znanosti
 Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
 Višestruktorska analiza: varijantna rekonstrukcija
 raskrižja županijske ceste 5026 i ulice Marničić u
 Viškovu
 Prilog 2: Varijanta 2
 Datum: 10.9.2016. Mjerilo: 1:500
 Student: David Štepić Mentor: doc.dr.sc. Danijela
 Barić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
 Fakultet prometnih znanosti
 Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
 Višestranična analiza varijanata rekonstrukcije
 raskrižja zupanijske ceste 50251 ulice Martići u
 Viškovu
 Prilog 3: Varijanta 3
 Datum: 10.9.2016. Merilo: 1:500
 Student: David Stepić Mentor: doc.dr.sc. Danijela
 Barić

METAPODACI

Naslov rada: VIŠEKRITERIJSKA ANALIZA VARIJANATA REKONSTRUCIJE RASKRIŽJA
ŽUPANIJSKE CESTE 5025 I ULICE MARINIĆI U VIŠKOVU

Student: David Stepić

Mentor: doc.dr.sc. Danijela Barić

Naslov na drugom jeziku (engleski): MULTI CRITERIA ANALYSIS OF THE RECONSTRUCTION
VARIANTS OF THE INTERSECTION ON THE COUNTY ROAD 5025 AND MARINIĆI STREET IN
VIŠKOVO

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 dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u
Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: diplomski

Studij: Cestovni Promet

Datum obrane diplomskog rada 27.9.2016.

-



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 rekonstrukcije raskrižja županijske
ceste 5025 i ulice Marinići u Viškovu**

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

J Zagrebu,

9.9.2016

Student/ica:

(potpis)