

Prostorna analiza karakteristika prometne mreže na području Grada Rijeke

Milošević, Marko

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:420249>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Marko Milošević

**Prostorna analiza karakteristika prometne mreže na području
Grada Rijeke**

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Specijalistički diplomski stručni studij
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
GIS i baze komunalnih sustava**

**Marko Milošević
JMBAG: 0114027183**

**Prostorna analiza karakteristika prometne mreže na području
Grada Rijeke**

Diplomski rad

Rijeka, Rujan 2022.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Marko Milošević

U Rijeci, 19.09.2022.

ZAHVALA:

Zahvalio bih se prije svega mojoj obitelji koja je cijelo vrijeme mog studiranja bila uz mene te svima koji su potpomogli u izradi ovog rada.

Najveće zahvale idu mentorici dr.sc. Bojani Horvat dipl.ing.građ. koja mi je cijelo vrijeme izrade rada stajala na raspolaganju te odgovarala na sva moja pitanja.

Na kraju, zahvalio bih se i svim mojim radnim kolegama te tvrtci IVICOM Consulting d.o.o. na razumijevanju, pomoći i strpljenju prilikom izrade diplomskog rada.

Hvala Vam!

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu obrađena je tema prostorne analize karakteristika prometne mreže na području Grada Rijeke. Grad Rijeka je povijesni lučki grad koji se, ovisno o povijesno-političkoj situaciji u gradu, razvijao kako prostorno tako i infrastrukturno. Prikazana je i opisana je cestovna infrastruktura unutar grada prema klasifikaciji prometnica. Također, opisane su klase prometnica prema „*Zakonu o cestama*” te njihove funkcije i položaji unutar RH. Za analizu cestovne mreže korišten je softver „QGIS”. Uz primjenu geoinformacijskog sustava i karti otvorenog pristupa, kao što je Openstreetmaps te digitalnih ortofoto (DOF) i topografskih (TK25) karti, napravljena je mrežna analiza grada Rijeke. Uneseni podaci su uređeni i dodane su atributne vrijednosti za klasifikaciju prometnica prema „*Zakonu o cestama*” te maksimalna brzina vozila prema „*Zakonu o sigurnosti prometa na cestama*”, pomoću koje je napravljena analiza atributnog odstupanja prometnica te povezanost cestovne mreže.

Indeksom povezanosti dobivene su alfa, beta i gama vrijednosti za grad i pojedine dijelove grada. Funkcijom servisno područje (od točke) i najkraći put (od točke do točke) napravljena je mrežna analiza prometne infrastrukture, odnosno određena su područja koja su jednako udaljena od početne točke te najkraći i najbrži put između dijelova gradova.

Ključne riječi: Grad Rijeka, GIS, QGIS, kvaliteta podataka, atributi, mrežna analiza, indeksi povezanosti.

ABSTRACT

This graduate thesis deals with the topic of spatial analysis of the characteristics of the transport network in the area of the City of Rijeka. The city of Rijeka is a historic port city that, depending on the historical political situation in the city, developed both spatially and infrastructurally. The road infrastructure within the city is shown and described according to the classification of roads. Also, the classes of roads according to the „*Law of roads*” their functions and positions within the Republic of Croatia are described. The QGIS softwer was used to analyze the road network. With the application of the geoinformation system and open access maps, such as OpenStreetMap, as well as digital orthophoto (DOF) and topographic (TK25) maps, a network analysis of the city of Rijeka was made. The entered data and attribute values were edited and added for the classification of roads according to the „*Law of roads*” and the maximum speed of vehicles according to the „*Law of road traffic safety*”, to be able to analyze the attribute deviation of roads and the connectivity of the road network. Alpha, beta, and gamma values for the city and individual parts of the city were obtained through the connectivity index. Through the service area (from point) and shortest path (point to point) functions, a network analysis of the transport infrastructure was made, i.e. areas that are equidistant from the starting point and the shortest and fastest path between parts of the cities were determined.

Keywords: City of Rijeka, GIS, QGIS, data quality, attributes, network analysis, connectivity indices.

Popis tablica:

- Tablica 1: Prikaz oznaka prometnica i puteva u OSM-u
Tablica 2: Usporedba duljina prometnica po klasama
Tablica 3: Analiza preklapanja prometnica po klasama
Tablica 4: Analiza preklapanja prometnica prema položaju unutar 2 m'
Tablica 5: Analiza preklapanja prometnica prema položaju unutar 5 m'
Tablica 6: Analiza preklapanja prometnica prema položaju unutar 10 m'

Popis slika:

Slika 1: Karta makadamskih cesta na području PGŽ [3]	1
Slika 2: Prikaz asfaltiranja Jadranske magistrale [3].....	2
Slika 3: Karta javnih cesta u gradu Rijeci [4]	4
Slika 4: Državna cesta D403 [3]	5
Slika 5: Karta autocesta u RH [3].....	7
Slika 6: Karta državnih ceste u RH [3].....	8
Slika 7: Oznaka županijske ceste [3].....	8
Slika 8: Prikaz točaka, linija i poligona u vektorskom načinu [8]	11
Slika 9: Prikaz područja grada Rijeke na OSM [9]	12
Slika 10: Optimalan put [11]	15
Slika 11: Odabir lokacija [11]	16
Slika 12: Prikaz OSM karte s granicama grada Rijeke	18
Slika 13: Prikaz uređene atributne tablice prometnica iz OSM-a	19
Slika 14: Buffer širine 2 m'	20
Slika 15: Odrezane TK25 prometnice prema bufferu od 2 m'	20
Slika 16: Prikaz uređene atributne tablice čvorova	21
Slika 17: Dio topografske karte TK25 s ucrtanom granicom grada Rijeke	22
Slika 18: Dio digitalnog ortofota s ucrtanom granicom grada Rijeke.....	22
Slika 19: Dio prostornog plana grada Rijeke	23
Slika 20: Preklop TK25 s prometnicama iz OSM-a.....	24
Slika 21: Preklop DOF-a s prometnicama iz OSM-a.....	24
Slika 22: Postupak za servisno područje	26
Slika 23: Prikaz prozora najkraći put (točke do točke)	27

Slika 24: Podjela grada Rijeke na dijelove.....	31
Slika 25: Atributna tablica s dijelovima grada	31
Slika 26: Prikaz autocesta u TK25 i OSM-u	33
Slika 27: Buffer širina 5 m'	35
Slika 28: Prikaz obrezanih prometnica za buffer od 2 m'	37
Slika 29: Prikaz raskrižja (žutom bojom) na području grada Rijeke	38
Slika 30: Servisno područje za centar grada Rijeka.....	43
Slika 31: Servisno područje za istočni dio grada Rijeka.....	44
Slika 32: Servisno područje za sjeverni dio grada Rijeka.....	44
Slika 33: Servisno područje za zapadni dio grada Rijeka.....	45
Slika 34: Servisno područje na području grada Rijeka	45
Slika 35: Najkraći put od istočnog dijela do centra.....	46
Slika 36: Najkraći put od sjevernog dijela do centra.....	47
Slika 37: Najkraći put od zapadnog dijela do centra.....	47
Slika 38: Najkraći put od istočnog do zapadnog dijela grada Rijeka.....	48

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Povijest infrastrukture u gradu Rijeci	1
1.2. Prometna infrastruktura grada Rijeke	3
1.3. Klasifikacija prometnica	5
2. TEORETSKE OSNOVE	10
2.1. Općenito o GIS-u	10
2.2. Openstreetmaps	12
2.3. QGIS softver	14
2.4. Mrežna analiza	14
2.5. Kvaliteta podataka	17
3. METODE I NAČIN PROSTORNE ANALIZE	18
3.1. Podaci i priprema podataka	18
3.3. Podjela grada Rijeke na područja	30
4. REZULTATI PROSTORNE ANALIZE	32
4.1. Usporedna analiza prometnica iz TK25 i OSM-a	32
4.1.1. Atributno odstupanje prometnica	32
4.1.2. Položajno odstupanje prometnica	34
4.2. Karakteristike mreže	37
4.3. Indeksi povezanosti	40
4.4. Mrežna analiza	43
5. ZAKLJUČAK	50
6. LITERATURA	51

1. UVOD

1.1. Povijest infrastrukture u gradu Rijeci

Izgradnja prvih makadamskih cesta imala je iznimni trgovinski i vojni značaj za razvoj grada Rijeke jer se istovremeno s uređenjem prometnica, gradila i austrijska ratna luka u Kraljevici. Dvije najznačajnije ceste za razvoj grada Rijeke bile su Karolinska i Lujzijanska. Gradnja Karolinske ceste je započela 1726. godine, a puštena je u promet 1727. godine. Karolinska cesta je povezivala Karlovac s Bakrom te je prolazila kroz mjesta Novigrad na Dobri, Bosiljevo, Osojnik, Vrbovsko, Ravnu goru, Mrkopalj i Fužine. Graditelj Karolinske ceste je bio Antun Matija Weiss, a cesta je dobila ime po austrijskom caru Karlu VI. Bečkom dvoru bila su ponuđena tri projekta: Rijeka-Ljubljana, Rijeka-Ozalj te Rijeka-Karlovac. Kao najpovoljniji prijedlog projekta, odabrana je ruta Rijeka-Karlovac. Zbog uštede, probijena je najkraćim putem s mnogo oštih zavoja, strmih uspona i naglih padova. Njena dužina je iznosila 106 kilometra između Bakra i Karlovca te plus 20 kilometra od Bakra do Rijeke. [1]



Slika 1: Karta makadamskih cesta na području PGŽ [3]

1809. godine izgrađena je jedna od najmodernijih prometnica u Europi, tzv. Lujzijanska cesta. Lujzijanska cesta je povezivala Rijeku s Karlovcem. Cesta je dobila ime po trećoj supruzi cara Franje I., Mariji Ludoviki. Dužina ceste je iznosila 134 kilometra, a širina kolnika je bila oko 8 metara, negdje i oko 11 metara što je bilo puno šire nego Karolinska cesta. Na spomenutoj cesti izgrađeni su mnogobrojni objekti, kao što su: usjeci, duge serpentine, mostovi i vijadukti.

Projektant i graditelj ceste bio je tadašnji poznati građevinski stručnjak, podmaršal Filip Vukasović. Nažalost, nije doživio kraj izgradnje jer je 1809. godine poginuo na ratištu u borbi protiv Napoleonove vojske. Nakon njegove smrti, izgradnju je nastavila Lokalna građevinska uprava Lujzijane iz Modruš potoka na čelu s kapetanom Karlom Streskom. [1]

Izgradnjom željeznice smanjio se promet kroz Lujzijansku i Karolinsku cestu sve do početka 20. stoljeća. U to vrijeme dolazi do uvođenja automobila gdje prometnice opet dobivaju svoj značaj poslije Drugog svjetskog rata. Mnoge prometnice su modernizirane te je makadam zamijenjen s asfaltom.

Poslije prometnica najveći značaj je imala i izgradnja željeznice Rijeka-Karlovac 1873. godine. Željeznica je bila dugačka 176,2 kilometra. Godine 1873. Hrvatska je bila u sastavu Austro-ugarske monarhije pri čemu se grad Rijeka nalazio pod ugarskom upravom. Upravo je ugarska vlast htjela napraviti željeznicu i povezati dva njihova najveća industrijska grada, Budimpeštu i Rijeku. Dio pruge od Zagreba do Budimpešte u promet je pušten 1870. godine. Drugi razlog je bio što je tada već postojala veza Beča i Trsta, a tijekom unutarnjih borbi u Monarhiji, Beč je želio Trst kao glavnu luku, a Budimpešta Rijeku.

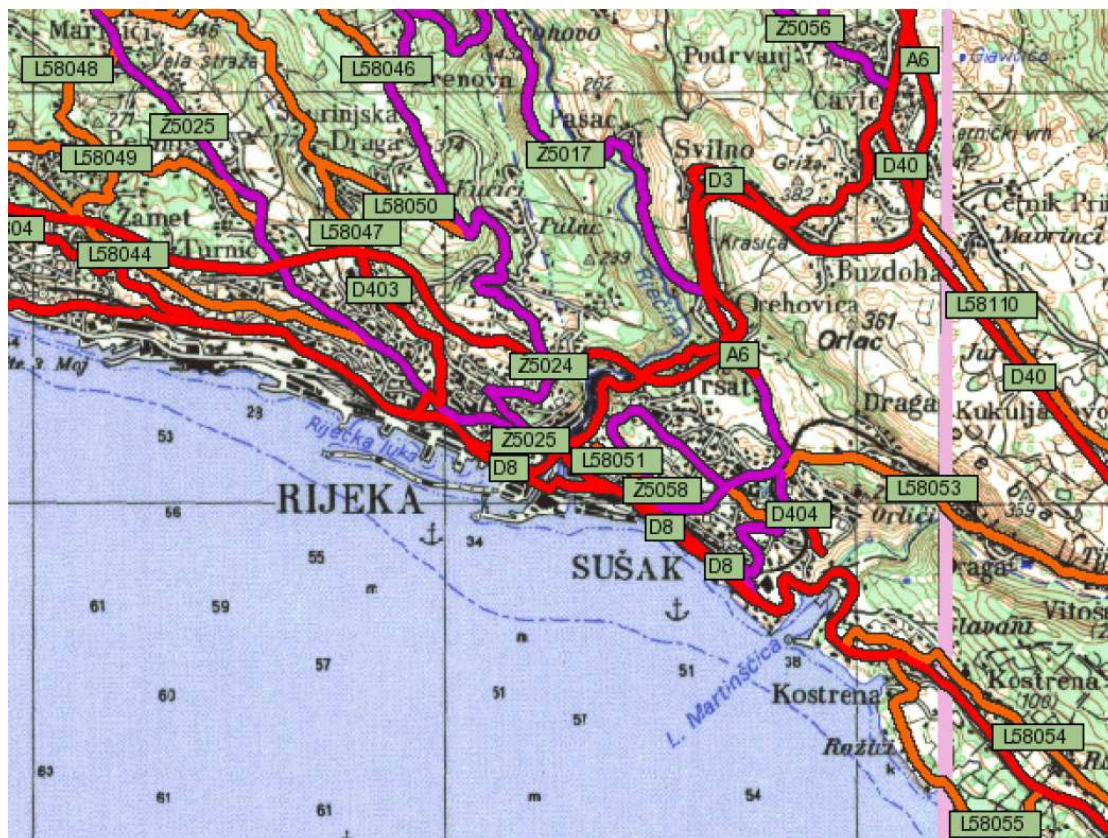


Slika 2: Prikaz asfaltiranje Jadranske magistrale [3]

Tijekom 50-ih godina prošlog stoljeća izgrađena je Jadranska magistrala koja je povezivala sjever i jug Jadrana, odnosno od Trsta preko Pule, Rijeke, Zadra pa sve do Splita i Dubrovnika. Gradnjom ove ceste dolazi do razvoja turizma i manjih priobalnih mjesta. Rijeka ovom cestom postaje povezana s Trstom, najvećom lukom na Jadranu, te drugim velikim hrvatskim gradovima kao što su: Zadar, Split i Dubrovnik. Dužina Jadranske magistrale koja prolazi kroz Hrvatsku iznosi 643,8 kilometra. Jadranska magistrala je u vrijeme izgradnje prolazila samo kroz Jugoslaviju, a trenutno prolazi kroz tri države: Hrvatska, Bosna i Hercegovina te Crna Gora. Jedna od zanimljivosti je da su Sjedinjene Američke Države financirale izgradnju Jadranske magistrale u vrijeme Hladnog rata i to u tada, komunističkoj državi Jugoslaviji. [2]

1.2. Prometna infrastruktura grada Rijeke

Na području grada Rijeke nalaze se sve vrste javnih cesta. Kroz centar grada prolazi državna cesta D8, odnosno Jadranska magistrala koja ujedno čini i glavnu prometnicu unutar grada te D3 koja povezuje Rijeku i Karlovac, poznata kao “stara cesta”. Zbog pozicije starog grada Rijeka i prekomjerne izgradnje stambenih objekata tijekom druge polovice 20-tog stoljeća, došlo je do problema prometne povezanosti unutar šireg centra grada te istočnog i zapadnog dijela grada Rijeka. Kroz centar grada, prolaze dva prometna pravca te ih možemo podijeliti na južni i sjeverni pravac. Južni pravac čini državna cesta D8, poznata kao Jadranska magistrala koja ulazi na području Pećina te izlazi na području Preluka i čini jednu od najprometnijih cesta. Sjeverni pravac čine ulice Ivana Grohova, Žrtava fašizma, Pomerio te Fiorella la guardie.



Slika 3: Karta javnih cesta u gradu Rijeci [4]

Zbog spomenutog problema, izgrađena je riječka obilaznica koja čini autocestu A7 te koja povezuje istočni i zapadni dio grada Rijeka te naselja riječkog prstena. Na istočnom dijelu obilaznice, napravljena je državna cesta DC404 koja povezuje istočno pregrađe (Vežica, Trsat, Pećine, Brajdica), centar grada te lučki terminal Brajdica s sustavom autocesta. Kod čvora Orehovica, obilaznica je povezana s autocestom A6 Zagreb-Rijeka.

Trenutno je u izgradnji i državna ceste D403, koja bi povezivala autocestu A7 kod čvora Škurinje sa zapadnim centrom grada te novootvorenim kontejnerskim terminalom Zagrebačka obala. Cesta D403 je najskuplja državna cesta zbog vrijednosti izgradnje od 520 milijuna kuna i dužine od samo 3 kilometra. Razlog za veliku vrijednost izgradnje je konfiguracija terena te izgradnja vrlo kompleksnih objekata kao što su tunel Podmurvice, duljine 1253 metara koji prolazi ispod gradskog naselja Podmurvice (označeno iscrtkanom linijom na slici 4.), te vijadukti Pioki, duljine 316 metara, i Mlaka, duljine 144 metara.



Slika 4: Državna cesta D403 [3]

Od ostalih javnih cesta, nalaze se i županijske ceste koje povezuju:

- ŽC5024: Drenova-Rijeka
- ŽC5025: ŽC5017-Marčelji-Viškovo-Rijeku
- ŽC5054: Orehovica-Vežica
- ŽC5057: Krimeja-Gornja Vežica
- ŽC5058: Trsat-ŽC5057
- ŽC5061: Ž5054-Vežica (D404)

1.3. Klasifikacija prometnica

Cesta je svaka javna cesta i nerazvrstana cesta na kojoj se obavlja promet. Javna cesta je površina od općeg značenja za promet kojom se svatko može slobodno kretati uz uvjete određene Zakonom i koju nadležno tijelo proglasi javnom cestom.

Nerazvrstane ceste su ceste koje se koriste za promet vozilima i koje svatko može slobodno koristiti na način i pod uvjetima određenim Zakonom o cestama i drugim propisima, a koje nisu razvrstane kao javne ceste. [5]

Javne ceste se dijele na:

1. Autoceste: duljine 1.419,52 km
2. Državne ceste: duljine 7.278,73 km
3. Županijske ceste: duljine 9.413,88 km
4. Lokalne ceste: duljine 8.794,14 km

Autoceste (AC) se prema osnovnim mjerilima razvrstavaju u ceste koje su namijenjene isključivo za promet motornih vozila, a izgrađene s tehničkim karakteristikama autoceste i brze ceste u skladu s propisima kojima se uređuje sigurnost prometa na cestama, a u funkciji su:

- Povezivanja RH u europski prometni sustav
- Tranzitnog prometa prema posebnom propisu
- Ostvarivanja kontinuiteta E-ceste koja je međunarodnim i međudržavnim sporazumima određena kao europska cesta
- Prometnog povezivanja regija RH.

Na slici 5. prikazana je karta svih autocesta u RH. Autocestama upravljaju, grade, rekonstruiraju i održavaju "Hrvatske autoceste d.o.o." [5]



Slika 5: Karta autocesta u RH [3]

U državne ceste spadaju [5]:

- Ceste koje su u međunarodnim i međudržavnim određene kao europske (E) ceste u kontinuitetu sa autocestama
- Ceste koje povezuju cjelokupni teritorij RH
- Ceste koje međusobno povezuju sjedišta županija
- Ceste koje povezuju sjedište županija s većim regionalnim sjedištima susjednih država (gradovi veći od 100.000 stanovnika)
- Cestovne okosnice velikih otoka
- Ceste koje ostvaruju kontinuitet razvrstane državne ceste kroz gradove
- Ceste koje povezuju državnu mrežu cesta sa važnim lukama i pristaništima.

Na slici 6. prikazana je karta svih državnih cesta u RH. Državne ceste se označuju oznakom "D", kao npr. Jadranska magistrala ima oznaku D8. [5]



Slika 6: Karta državnih ceste u RH [3]

Županijske ceste su javne ceste koje povezuju sjedišta županija s gradovima i općinskim sjedištima, koje povezuju sjedišta gradova i općina međusobno, preko kojih se ostvaruje veza grada ili gradskih dijelova s državnim cestama, a koje su razvrstane kao županijske ceste sukladno Zakonu o cestama. Županijske ceste se označuju s oznakom ŽC i brojem ceste (slika 7.)



Slika 7: Oznaka županijske ceste [3]

Lokalne ceste su javne ceste koje povezuju sjedište grada, odnosno općine s naseljima s više od 50 stanovnika unutar grada ili općine, ceste u urbanom području koje povezuju gradske četvrti sa županijskim cestama, ceste koje povezuju susjedne gradske četvrti međusobno, a koje su nerazvrstane prema Zakonu o cestama. [5]

2. TEORETSKE OSNOVE

2.1. Općenito o GIS-u

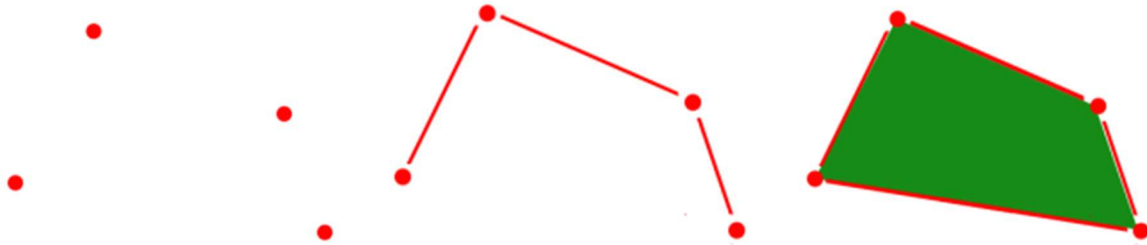
GIS je geografski informacijski sustav koji služi za upravljanje prostornim podacima i osobinama pridruženim njima. GIS povezuje podatke s kartom, integrirajući podatke o lokaciji (gdje se stvari nalaze) sa svim vrstama opisnih informacija. S ovime, dobivamo temelj za kartiranje i analizu prostornih podataka koja se koristi u gotovo svim granama industrije.[7]

Prvi svjetski operacijski sustav je napravljen 1967. godine u Ottawi, Ontario, kojeg je razvio Roger Tomlinson. Sustav je nazvan CGIS (Canadian GIS) te se koristio za spremanje, analiziranje i rukovanje podacima prikupljenim za Kanadski zemljišni inventar. Sustav je trajao sve do 1990-ih te je u tom vremenu razvio najveću digitalnu bazu podataka o zemljišnim resursima u Kanadi. CGIS nikad nije bio dostupan u komercijalnom obliku. [6]

Podaci se u GIS-u prikazuju ili spremaju kroz dva modela podataka: rasterski i vektoski podaci. Tip rasterskih podataka se sastoji od redova i stupaca ćelija gdje se u svakoj ćeliji sprema pojedinačna vrijednost. Ćelija se može proširiti upotrebom rasterskih pruga za prikaz RGB ("red, green, blue") boja, proširenim atributskim tablicama ili obojenim kartama. Jedna rasterska ćelija predstavlja kvadratna područja zemlje, npr. jedna rasterska ćelija predstavlja jedan metar kvadratni na Zemlji. Rasterski modeli su korisni za pohranjivanje podataka koji se kontinuirano mijenjaju, kao što su visinske površine, temperature, vlažnost zraka. Rasterski podaci se sastoje od 2 kategorije: diskretne i kontinuirane. Diskretni podaci se sastoje od cijelih brojeva koji predstavljaju klase. Svaka klasa može se diskretno definirati gdje počinje, odnosno završava. Kontinuirani rasteri su ćelije mreže s podacima koji se postupno mijenjaju kao što su nadmorska visina, vlažnost zraka ili temperatura. Kontinuirana rasterska površina može se izvesti iz fiksne registracijske točke. Primjer vezan za nadmorsku visinu, digitalni modeli za određivanje nadmorske visine koriste razinu mora kao odredišnu točku, tj. nultu točku. [8]

Tip vektorskih podataka za prikaz objekata koristi geometriju poput točaka, linija ili poligona. Točke su prikaz koordinata YX, odnosno prikaz zemljopisne širine i dužine s prostornom referentnim okvirom. Linije predstavljaju linearne značajke, odnosno na karti prikazuju ceste, rijeke, instalacije. Mreže su linijski skupovi podataka, ali se često smatraju različitim. Mreže se sastoje od spojeva i zavoja. Pomoću nje možete pronaći optimalnu rutu kretanja uz praćenje

postavljenih pravila. Poligoni su skup vrhova spojeni određenim redoslijedom koji su zatvoreni. Kod kreiranja poligona, prvi i zadnji par koordinata su iste točke, odnosno imaju iste koordinate. Kod kreiranja poligona, spajanjem točaka i linija okružuje se određeno područje te kao takav služi za određivanje granica područja ili površinu određenog područja.[8]



Slika 8: Prikaz točaka, linija i poligona u vektorskom načinu [8]

Rasterski podaci zapisuju vrijednosti svih točakana pokrivenom području koje može zahtijevati više mjesta za spremanje podataka nego što prikazuju vektorski podaci, koji može spremati podatke samo tamo gdje je potrebno. Preklapanje operacija je lakše izvedivo s rasterskim podacima nego sa vektorskim.

Za potrebe ovog rada, koristi će se vektorskim podacima, kao što su prometnice preko baze podataka s otvorenim pristupom Openstreetmaps.

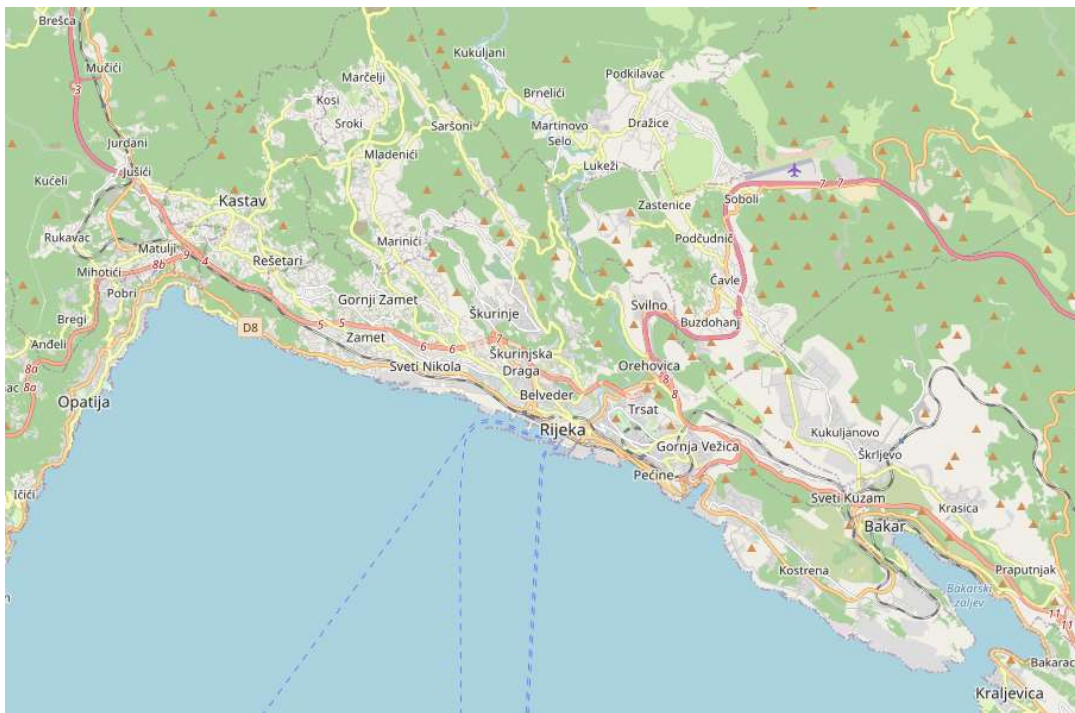
Postoji veliki broj načina unosa podataka u GIS. Postojeći podaci na papiru ili karte, mogu se skenirati ili digitalizirati. Digitalizator proizvodi vektorske podatke dok operator bilježi točke, linije i poligonske granice, dok skeniranjem karata rezultira rasterskim podatkom koji se dalje mogu obrađivati za stvaranje vektorskih podataka. Geodetski podaci mogu se direktno unijeti u GIS preko snimljenih geodetskih podataka preko geodetskih instrumenata, tako i preko GPS. Većina digitalna podataka dolazi iz fotografske interpretacije zračnih snimaka te satelitskim daljinskim snimanjem. Kod zračnih snimaka, koriste se radne stanice meke kopije za digitaliziranje obilježja izravno sa stereo para. Takvi sustavi dopuštaju da se podaci snime u 2 ili 3 dimenzije s visinama izmjerjenima izravno sa stereo para upotrebom fotogrametrijskih principa.

Satelitsko snimanje koristi različite senzorne pakete da pasivno izmjere refleksiju iz dijelova elektromagnetskog spektra ili radio valova koji su poslani s aktivnog senzora kao što je radar. Daljinsko snimanje priključuje rasterske podatke koji se dalje mogu obrađivati radi identificiranja objekata i razreda zanimanja. [8]

Ortofoto je vrsta zračne fotografije koja je planimetrijski ispravljena. Ortofotografije imaju pozitivne attribute poput detalja i pravovremenog pokrivanja. To omogućuje da se ortofoto koristi u njihovoj primarnoj ulozi kao pozadina na kojoj se mogu preklapati značajke karte. Digitalni ortofoto će se koristiti kao vizualni pregled koliko se prometnice iz OSM-a pozicijski preklapaju sa stvarnim položajem.

2.2. Openstreetmaps

Openstreetmaps je baza podataka s otvorenim pristupom koja sadrži kartu cijelog svijeta s podacima o prometnoj infrastrukturi, sportskim objektima, povijesno-kulturnim objektima te s ostalim podacima korisnim za krajnje korisnike, napravljena od strane volontera te koju svatko može i sam doradivati. Karte su bile raspoložive za preuzimanje preko Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 licenciji, kao strojno generirane slike ili vektorski podaci. Godine 2009. došlo je do promjene te se prebacilo na novostvorenu licencu Open Database License. [9] Na slici 9. prikaz područja grada Rijeke i okolice na OSM karti.



Slika 9: Prikaz područja grada Rijeke na OSM [9]

OpenStreetMap predstavlja fizičke značajke, kao što su ceste, željeznice, mostovi, zgrade sa terena na karti pomoću oznaka pridruženim njegovim osnovnim točkama (raskrižja, krajevi). Većinu značajki može se opisati korištenjem malog broja oznaka.

Na primjer, za označavanje puta koristi se oznaka klasifikacije highway = footway. Treba uzeti u obzir da je OSM svjetska karta, tako da može postojati mnogo različitih oznaka. [9]

U Tablici 1, postoji prikaz značajki koje se koriste u OSM-u te koje će se koristiti za potrebe ovog rada na području grada Rijeka.

Tablica 1: Prikaz oznaka prometnica i putova u OSM-u

Key / Oznaka	Value / Vrijednost	Opis
Highway /Prometnica	trunk / brza cesta	Javna cesta namijenjena za promet isključivo motornih vozila, s jednim ili dva razdvojene kolnička traka te bez zaustavnih i hitnih traka
Highway /Prometnica	Primary / državna cesta	Javna cesta koja povezuje cjelokupno državno područje RH te velike gradove
Highway /Prometnica	Secondary / županijska cesta	Javna cesta koja povezuje područje jedne ili više županija u RH
Highway /Prometnica	Tertiary / lokalne ceste	Javne ceste koje povezuju sjedište grada, odnosno općine s naseljima s više od 50 stanovnika ili gradske četvrti sa županiskim cestama
Highway /Prometnica	Unclassified / nerazvrstana cesta	Ceste koje se koriste za promet vozilima, koje svatko može slobodno koristiti na način i pod uvjetima Zakona
Highway /Prometnica	Residential / gradske ceste	Gradske ceste unutar grada za pristup kućama, parkinzima
Highway /Prometnica	Service / servisne ceste	Ceste za pristup kampovima, parkovima, industrijskim mjestima
Highway /Prometnica	Path / nerazvrstani put	Put koji uglavnom koriste šetači, biciklisti.
Highway /Prometnica	Steps / stepenice	Stepenice na nogostupima
Footway	Footway / Pješački put	Nogostupi, pješački prijelazi

2.3. QGIS softver

QGIS je program otvorenog koda koji podržava pregled, uređivanje, ispis te analizu geoprostornih podataka. Ima opću javnu licencu GNU (General Public Licence). QGIS funkcionira kao računalni program za GIS koji korisnicima omogućuje analizu i uređivanje prostornih podataka te podržava rasterske, vektorske i mrežaste slojeve. Također, ovaj program podržava "shapefile", osobne baze geopodataka, dxf i druge standardne formate.

U QGIS-u mogu se kreirati, uređivati, upravljati i izvoziti vektorski i rasterski slojevi te omogućuje i analizu vektorskih i rasterskih podataka. Dodatak za geoprostorno analizu zove se Processing koji pomoću integriranih i drugi algoritama iz QGIS-a, kao što su GDAL, SAGA, GRASS, R i drugi, pruža mogućnost geoprostornih analiza.

Za dodavanje podataka iz vanjskih izvora, kao što su DOF ili TK25, QGIS podržava web usluge, uključujući Web Map Service (WMS) i Web Feature Service (WFS). Također, QGIS se integira i s drugim paketima otvorenog koda, uključujući PostGIS, GRASS GIS i MapServer. Primjerice, GRASS GIS je sustav za podršku analizi geografskih resursa i tehnologija izgrađena za upravljanje vektorskim i rasterskim geoprostornim podacima, geoprociranjem, prostorno modeliranje i vizualizaciju. [17]

QGIS ima i mogućnost proširivanja dodacima i knjižnicama koje se mogu koristiti za izradu dodataka. Jedni od temeljnih dodataka su Topology Checker (pronalaži topološke greške u vektorskim slojevima), Geometry Checker (provjerava greške geometrije), GPS Tools (učitavanje i unos GPS podataka) te GRASS 7 (integriira GRASS GIS).

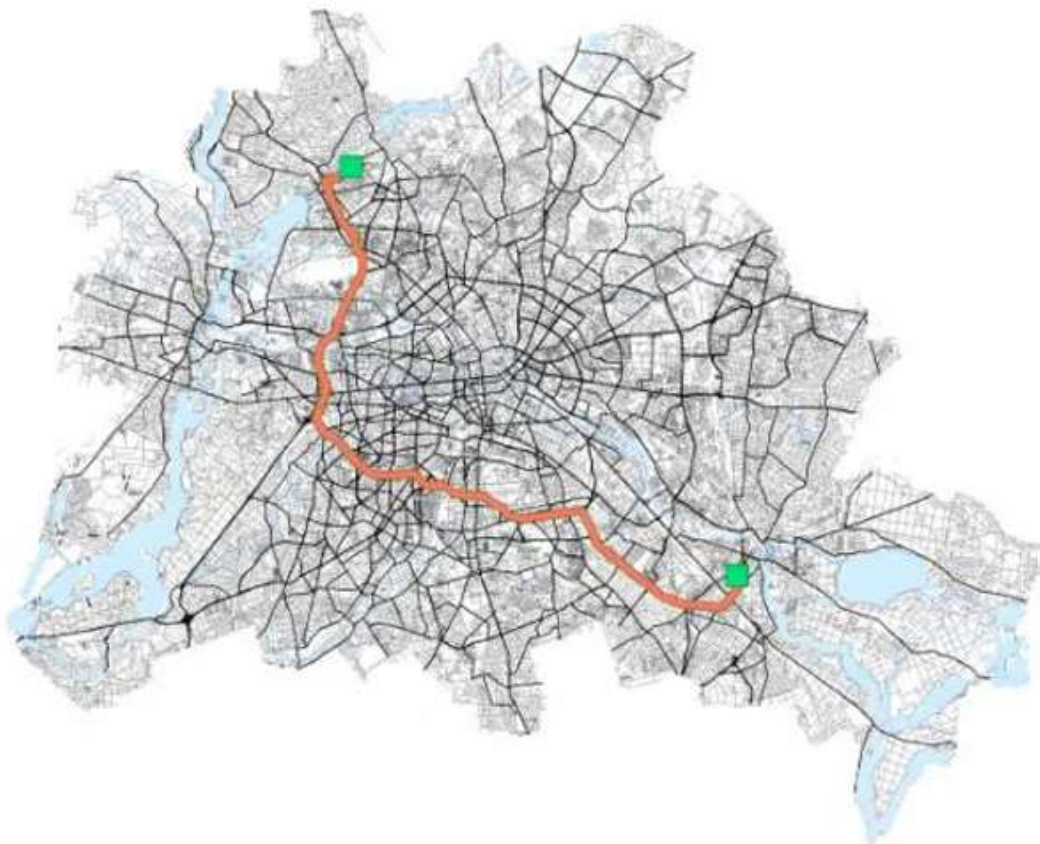
2.4. Mrežna analiza

Mrežna analiza u GIS-u temelji se na matematičkim poddisciplinama teorije grafova i topologije. Bilo koji graf ili mreža sastoji se od skupa povezanih vrhova i bridova. Mrežne strukture podataka moraju pohraniti rubne i vršne značajke koje popunjavaju ove skupove podataka u mreži, attribute tih značajki i ono što je najvažnije za analizu mreže, topološki odnosi. [11]

GIS mreže se sastoje od međusobno povezanih linija i raskrižja koji zajedno čine liniju prometnica kojima ljudi i transport mogu putovati. Spojevi i krajevi (čvorišta) mogu imati određene atribute koji su pridodani njima te oni određuju put i ograničenja putovanja. Na primjer, prometnice mogu sadržavati i atribut s ograničenjem brzine, a čvorišta vrstu križanja koje može spriječiti skretanje u određeni smjer. [18]

Mreže mogu biti usmjerene ili neusmjerene. Kod usmjerenih mreža, smjer kretanja na pojedinim dionicama je određen (npr. jednosmjerna ulica ili vrsta križanja), a kod neusmjerenih mreža smjer kretanja je proizvoljan (npr. neodređena brzina kretanja i čvorišta). Usmjerenost cestovne mreže bitan je kod analiziranja cestovne infrastrukture.

Najčešća mrežna funkcija je najkraći put (eng. shortest path) (slika 10.), odnosno pronalaženje optimalnog puta između dvije lokacije na temelju zadanih prostornih i/ili atributnih uvjeta. Preko funkcije najkraći put može se odrediti najkraći put ili optimalan put. Za najkraći put u obzir uzima se samo duljine pojedinih linijskih elemenata dok za optimalan put se uzima više zadanih kriterija, kao što su maksimalna brzina kretanja, usmjerenost i sl.). [11]



Slika 10: Optimalan put [11]

Posebnu skupinu mrežnih funkcija čini funkcija aloakcija mreže, odnosno servisno područje (eng.service area) (slika 11.). Radi se o funkciji kojima je cilj odabranim ishodištima u mreži (npr. bolnice, policijske stanice, vatrogasne postrojbe) pridružiti dijelove mreže na temelju zadanih kriterija. Ova funkcija u obzir uzima udaljenost dijelova mreže od odabranog ishodišta. Kompleksniji oblik ove funkcije vodi računa o dodatnim kriterijama, kapacitet ishodišne točke, potrošnju resursa te lokacije za izgradnju objekata.



Slika 11: Odabir lokacija [11]

2.5. Kvaliteta podataka

Kvaliteta podataka odnosi se na stanje kvalitativnih ili kvantitativnih dijelova informacija. Podaci se smatraju kvalitetnim ako se mogu primjeniti za upotrebu u operacijama, donošenju odluka, planiranju ili analizama, kao što je slučaj u ovom radu. [19]

Iako se kvaliteta podataka sustavno proučava na akademskoj razini već više od dva desetljeća, problem kvalitete podataka je aktualniji nego ikad. Jedan od problema kvalitete podataka je povećavanje broja izvora podataka, pogotovo u današnjim vremenima kada je pristup internetu omogućen svima te svatko može dati nekakve podatke, bile točne ili ne te dolazi do pitanja dosljednosti podataka. Drugi problem je dostupnost komercijalnih alata te alata otvorenog koda, koji omogućuju efikasno analiziranje velikih količina podataka. [20]

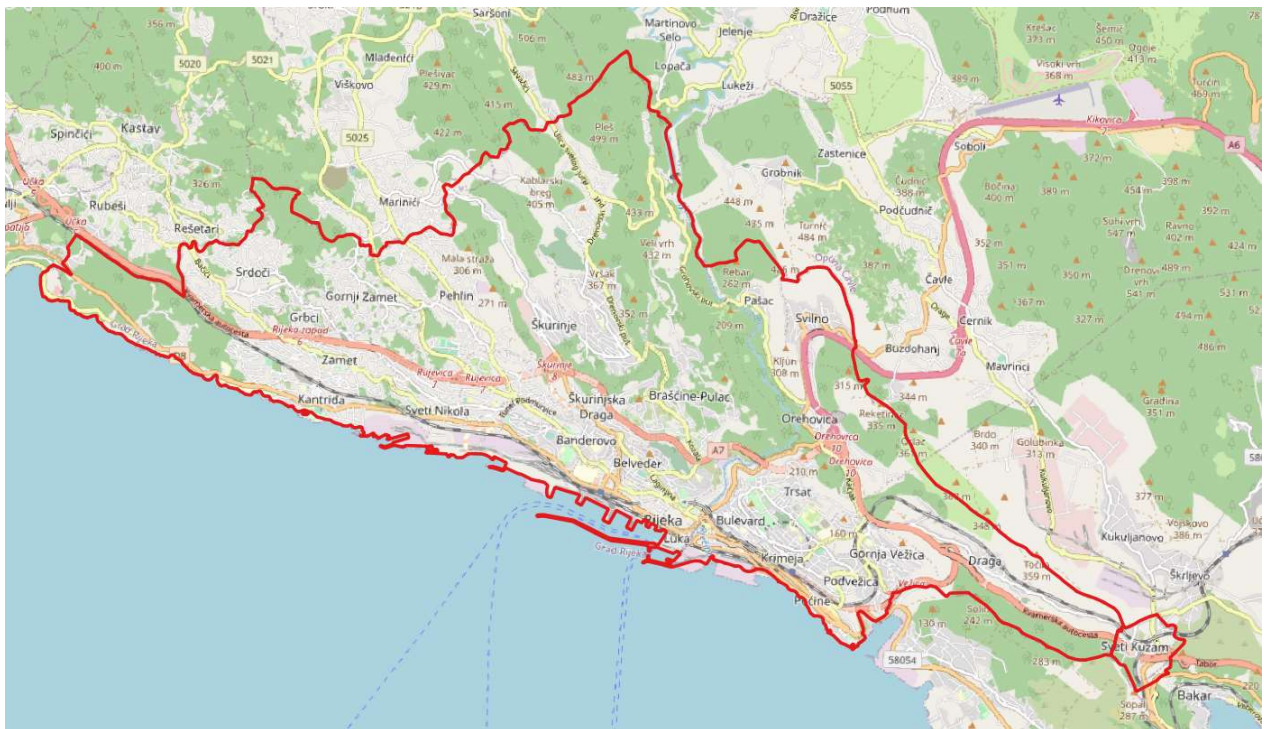
Tri su pristupa problemu kvalitete podataka: intuitivni, teorijski i empirijski. [20] Intuitivni pristup uzima u obzir jedan ili svega nekoliko svojstava kvalitete podataka koji proizlaze uglavnom iz prethodnog iskustva ili intuicije istraživača, a to su najčešće točnost ili pouzdanost podataka. U teorijskom pristupu problemu kvalitete podataka fokus je na istraživanju načina na koji podaci tijekom procesa proizvodnje podataka postaju loši. Empirijski pristup istražuje karakteristike kvalitete podataka sa stajališta korisnika te da li podaci zadovoljavaju njihove potrebe. [20]

Za potrebe ovog rada, kao ulazni podaci su korišteni: karta prometnica s Openstreetmaps-a, DOF, TK25 te PPUGR. Kao prvo, svi podaci su lako i jednostavno dostupni na internetu te se na vrlo jednostavan način dodaju u program QGIS. Prema intuitivnom pristupu, kvaliteta korištenih podataka je iznimno visoke kvalitete. Za točnost i pouzdanost podataka napravljena je analiza u poglavljima 4.1.1. i 4.1.2., prema kojoj se vidi da se prometnice uzete iz OSM baze podataka pozicijski preklapaju u točnosti od 97 % sa prometnicama iz topografskih karata te vizualno se preklapaju sa digitalnim ortofotom. Teorijski pristup se ne može primjeniti na korištene podatke, jer su se koristili već završeni i kompletirani podaci. Prema empirijskom pristupu, kvaliteta korištenih podataka je, kao i kod intuitivnog pristupa, visoke kvalitete jer su svi korišteni podaci zadovoljili potrebe napravljene analize prometne mreže. Na primjer, OSM baza podataka pružila je točan položaj prometnica te atributni opis prometnica (npr. duljina prometnica, klasifikacija prometnica prema Zakonu o cestama, ograničenje brzine) je visoke kvalitete i točnosti. Drugi primjer u vezi digitalne ortofoto karte, karta prikazuje realnu situaciju u stvarnosti te kvalitete slike (pixela) je odlična. Rezultati analiza, prema kojim su donešeni prethodno navedeni zaključci, nalaze se u poglavlju 4. Rezultati prostorne analize.

3. METODE I NAČIN PROSTORNE ANALIZE

3.1. Podaci i priprema podataka

Za ulazne podatke, kao glavnu podlogu, korištena je OSM karta i granice grada Rijeka. OSM karta se dodaje u QGIS program tako da se preko funkcije Plugins doda dodatak programu naziva "OSMDownloader". Granice grada Rijeka (na slici 12. označeno crvenom bojom) su dodane kao poligon unutar programa te je prikaz poligona promijenjen na *outline* način.



Slika 12: Prikaz OSM karte s granicama grada Rijeka

Nakon unosa prometnica iz OSM-a na bazi cijelog svijeta, potrebno je izrezati prometnice na način da nam ostanu samo one koje se nalaze unutar područja grada Rijeka.

Prije početka analize prometne mreže, u atributnoj tablici za OSM prometnice, bilo je potrebno dodati klasifikaciju ceste prema hrvatskom Zakonu o cestama (vidi: Tablica 1: Prikaz oznaka prometnica i putova u OSM-u) te maksimalnu brzinu vozila na spomenutim prometnicama prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama. Na slici 13. prikazan je isječak iz uređene atributne tablice OSM prometnica.

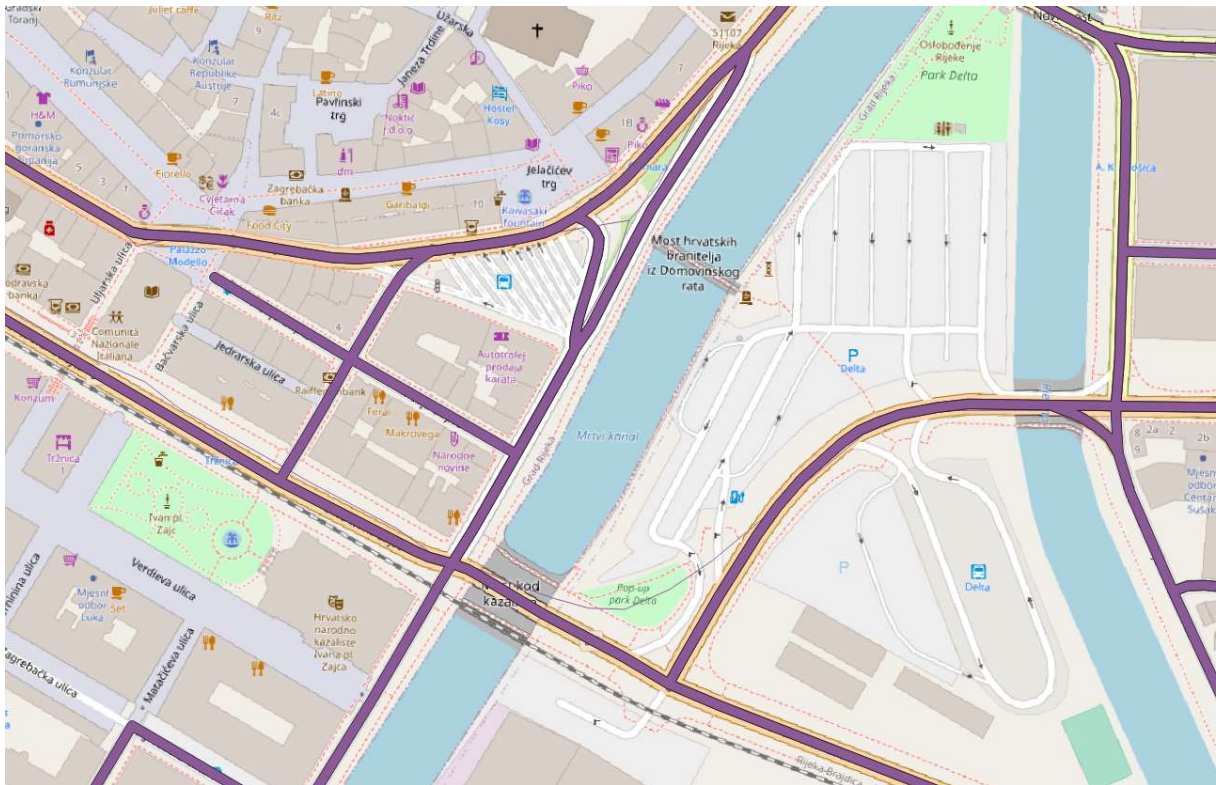
Prometnice iz TK25 imaju dodijeljenu klasifikaciju prema hrvatskom Zakonu o cestama. Sljedeći korak je da se u atributnoj tablici, pomoću funkcije “open field calculator”, dodaju za svaku prometnicu njezina duljina. Duljine prometnica su ulazni podatci za analizu atributnog odstupanja prometnica.

	Class	Connection	Weight	Sample_No_	osm_id	name	highway	L_m'	NAMJENA	Brzina
49	Y - Y	C - C	1,0000000000000...	0	98919185	Sveti Kuzam	residential	28,79	NEKVALIFICIRA...	50
50	X - Y	C - C	1,0000000000000...	0	98919185	Sveti Kuzam	residential	17,05	NEKVALIFICIRA...	50
51	I - Y	C - I	1,0000000000000...	0	98919189	NULL	residential	81,76	NEKVALIFICIRA...	50
52	I - Y	C - I	0,5	0	98919193	Sveti Kuzam	residential	124,14	NEKVALIFICIRA...	50
53	Z - Y	Z - C	1,0000000000000...	0	145193401	NULL	primary	46,45	DRŽAVNA	50
54	Y - Y	C - C	1,0000000000000...	0	150516264	Sveti Kuzam	residential	186,29	NEKVALIFICIRA...	50
55	Z - Y	Z - C	1,0000000000000...	0	150516264	Sveti Kuzam	residential	27,49	NEKVALIFICIRA...	50
56	Z - Y	Z - C	1,0000000000000...	0	150516265	Sveti Kuzam	tertiary	163,53	LOKALNA	50
57	Z - Y	Z - C	1,0000000000000...	0	150516265	Sveti Kuzam	tertiary	15,73	LOKALNA	50
58	X - Y	C - C	1,0000000000000...	0	150782432	Sveti Kuzam	secondary	52,74	ŽUPANIJSKA	50
59	I - Y	C - I	0,5	0	150782432	Sveti Kuzam	secondary	4,29	ŽUPANIJSKA	50
60	I - I	I - I	0	0	150812285	NULL	primary	184,48	DRŽAVNA	50
61	Z - Z	Z - Z	0,5	1	161458164	Kvarnerska aut...	trunk	1434,12	AUTOCESTA	110
62	Z - Z	Z - Z	0,5	0	161458164	Kvarnerska aut...	trunk	138,24	AUTOCESTA	110
63	Z - Z	Z - Z	1,0000000000000...	0	161458180	Kvarnerska aut...	trunk	103,83	AUTOCESTA	110
64	Z - X	Z - C	1,0000000000000...	0	161458204	Sveti Kuzam	trunk	32,49	AUTOCESTA	110
65	X - X	C - C	1,0000000000000...	0	161458204	Sveti Kuzam	trunk	0	AUTOCESTA	110
66	X - X	C - C	1,0000000000000...	0	161458204	Sveti Kuzam	trunk	37,57	AUTOCESTA	110
67	X - X	C - C	1,0000000000000...	0	161458204	Sveti Kuzam	trunk	0	AUTOCESTA	110

Slika 13: Prikaz uređene atributne tablice prometnica iz OSM-a

Za analizu položajnog odstupanja prometnica primijenjena je jednostavna metoda. [21], u kojoj se određuje širina pojasa preko kojeg se razmatra položajno odstupanje te se izrezuju prometnice koje se nalaze izvan tog pojasa. Rezultata ove metode su izrezane prometnice koje se položajno nalaze unutar određenog pojasa.

Buffer je funkcija koja se koristi za definiranje područja na određenim od objekta ili skupa objekata u okruženju. Funkcija obrezivanje (eng.clip) omogućuje izrezivanje značajke s definiranom graničnom linijom. U ovom slučaju, kao ulazni podatak za funkciju buffer korištene su OSM prometnice te su kreirana tri buffera širine 2, 5 i 10 metara. Na slici 14. prikazan je buffer OSM prometnica širine 2 m'. Nakon toga, su izrezane TK25 prometnice koje se pozicijski nalaze unutar buffera. Kao ulazni vektorski sloj za funkciju obrezivanje, korištene su TK25 prometnice. Na slici 15. prikazane su odrezane TK25 prometnice preko funkcije obrezivanje.



Slika 14: Buffer širine 2 m'



Slika 15: Odrezane TK25 prometnice prema bufferu od 2 m'

Za potrebe analize gustoće čvorova, potrebno je napraviti pripremu u atributnoj tablici. Za gustoća čvorova, potrebno je definirati vrstu čvorova u OSM klasi. U originalnoj atributnoj tablici, čvorovi su bili definirani klasama, ali nazivi su bili nejasni. Pomoću funkcije ‘Filter’, pretraženi su čvorovi po klasama te definirano koji što označuje.

Rezultati su sljedeći:

- Class X: križanje
- Class Y: križanje
- Class I: kraj prometnice
- Class E: kraj prometnice
- Class 2: Prometnica (spoj dvaju elemenata)
- Class 5: kraj prometnice.

Prema gore navedenim podacima, u atributnoj tablici, dodan je stupac “Opis točke” te su upisane vrste čvorova, kao što je i prikazano na slici 12.

	Class	Sample_No_ ←	Opis točk
58	I	0	KRAJ
59	2	0	PROMETNICA
60	E	0	KRAJ
61	E	0	KRAJ
62	X	0	KRIŽANJE
63	2	0	PROMETNICA
64	2	0	PROMETNICA
65	Y	0	KRIŽANJE
66	X	0	KRIŽANJE
67	2	0	PROMETNICA
68	E	0	KRAJ
69	E	0	KRAJ
70	E	0	KRAJ
71	2	0	PROMETNICA

Slika 16: Prikaz uređene atributne tablice čvorova

Za daljnu analizu, bilo je potrebno prikupiti ostale dostupne karte koje su bile dostupne u vrijeme izrade diplomskog rada.

Kao podloge za vizualnu usporedbu su korištene sljedeće karte:

- Topografska karta u mjerilu 1:25 000 (TK25) (slika 17.)
- Digitalni ortofoto (DOF) (slika 18.)
- Prostorni plan uređenja Grada Rijeka (PPUGR) (slika 19.).

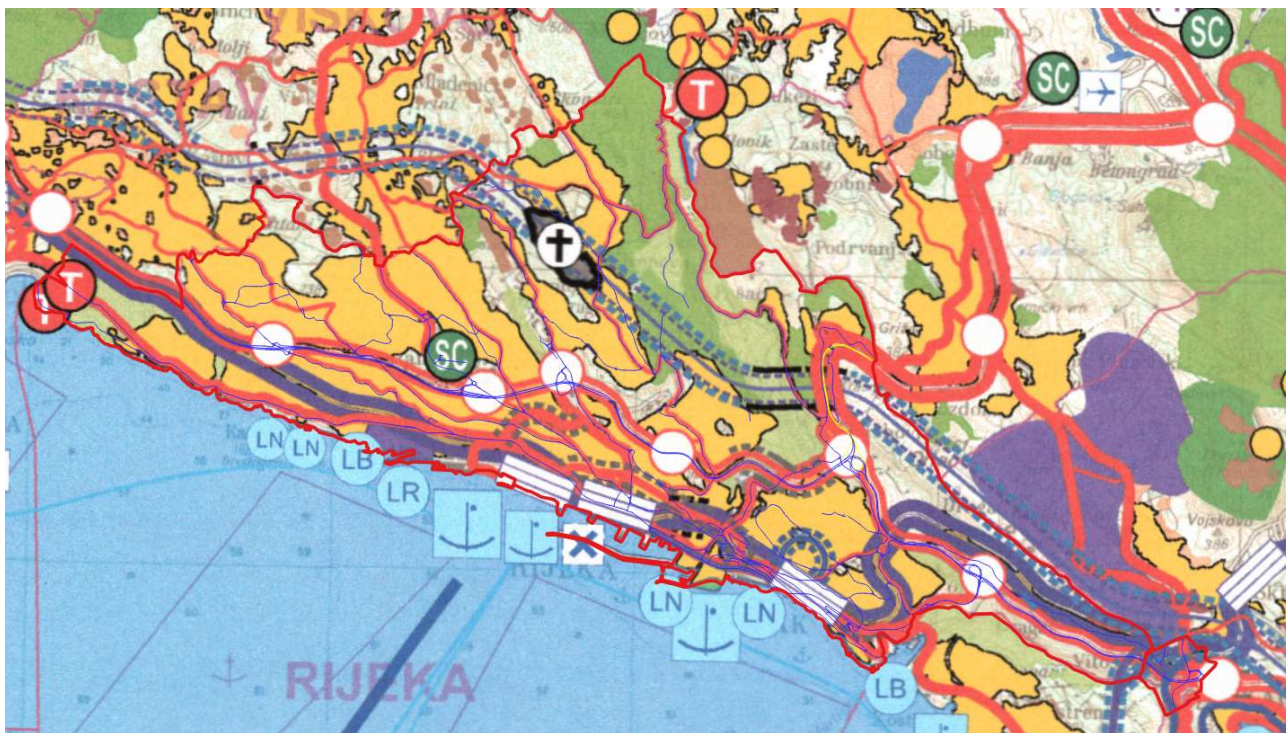
Prethodno navedene karte se ne mogu uređivati unutar programa QGIS te su korištene samo za vizualnu usporedbu položajnog odstupanja s prometnicama iz OSM-a i TK25.



Slika 17: Dio topografske karte TK25 s ucrtanom granicom grada Rijeke



Slika 18: Dio digitalnog ortofota s ucrtanom granicom grada Rijeke

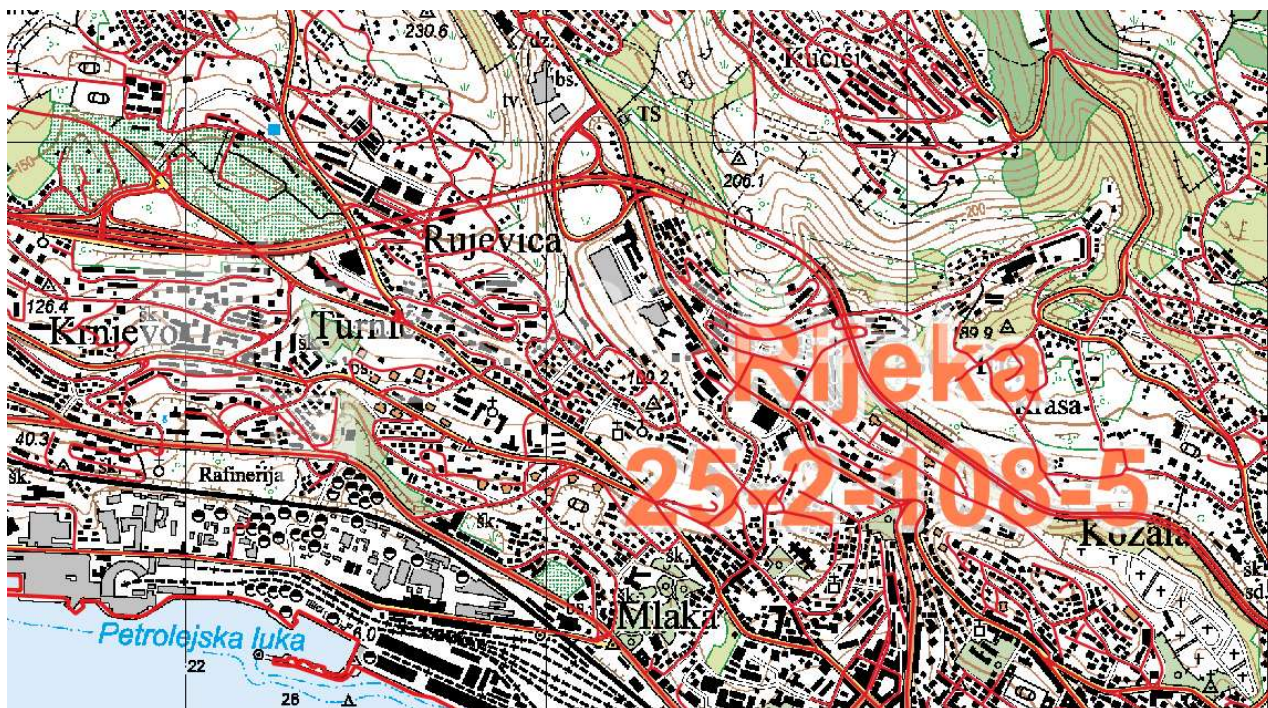


Slika 19: Dio prostornog plana grada Rijeke

Podatkovni slojevi TK25, DOF i PPUGR dostupni su putem WMS servisa (engl. Web Map Service). WMS servis je protokol koji omogućuje klijentima prijenos geoprostornih podataka sa servera te daje klijentima pristup snimci, ali ne dozvoljava pohranu kopije tih podataka na vlastitom računalu. Iako nije dozvoljena pohrana ili manipulacija, tako učitana karta daje detaljne informacije o određenim značajkama prikazanim na karti. [11]

Topografska karta u mjerilu 1:25 000 je službena državna karta s informacijama o mjesnim prilikama određenog područja koje se odnose na naselja, toponime, prometnice, vode, zemljine oblike, vegetaciju i niz drugih pojava potrebitih za opću orijentaciju. Na slici 20. prikazana je topografska karta s preklopljenim prometnicama iz OSM-a (označene crvenom bojom).

Digitalni ortofoto (DOF) je aerosnimka u digitalnom obliku transformirana u ortogonalnu projekciju te daje sliku oslobođenu većine karakterističnih geometrijskih deformacija. DOF je izrađen u mjerilu 1:5 000 za cjelokupno područje Republike Hrvatske te se sastoji od jedne ili više ortofoto snimki jedinstvenog mjerila s nanesenom pravokutnom koordinatnom mrežom, odgovarajućim kartografskim znacima i nadopunjen izvan okvirnim podacima. [12] Na slici 21. prikazan je DOF s preklopljenim prometnicama iz OSM-a (označene crvenom bojom) [14]



Slika 20: Preklop TK25 s prometnicama iz OSM-a



Slika 21: Preklop DOF-a s prometnicama iz OSM-a

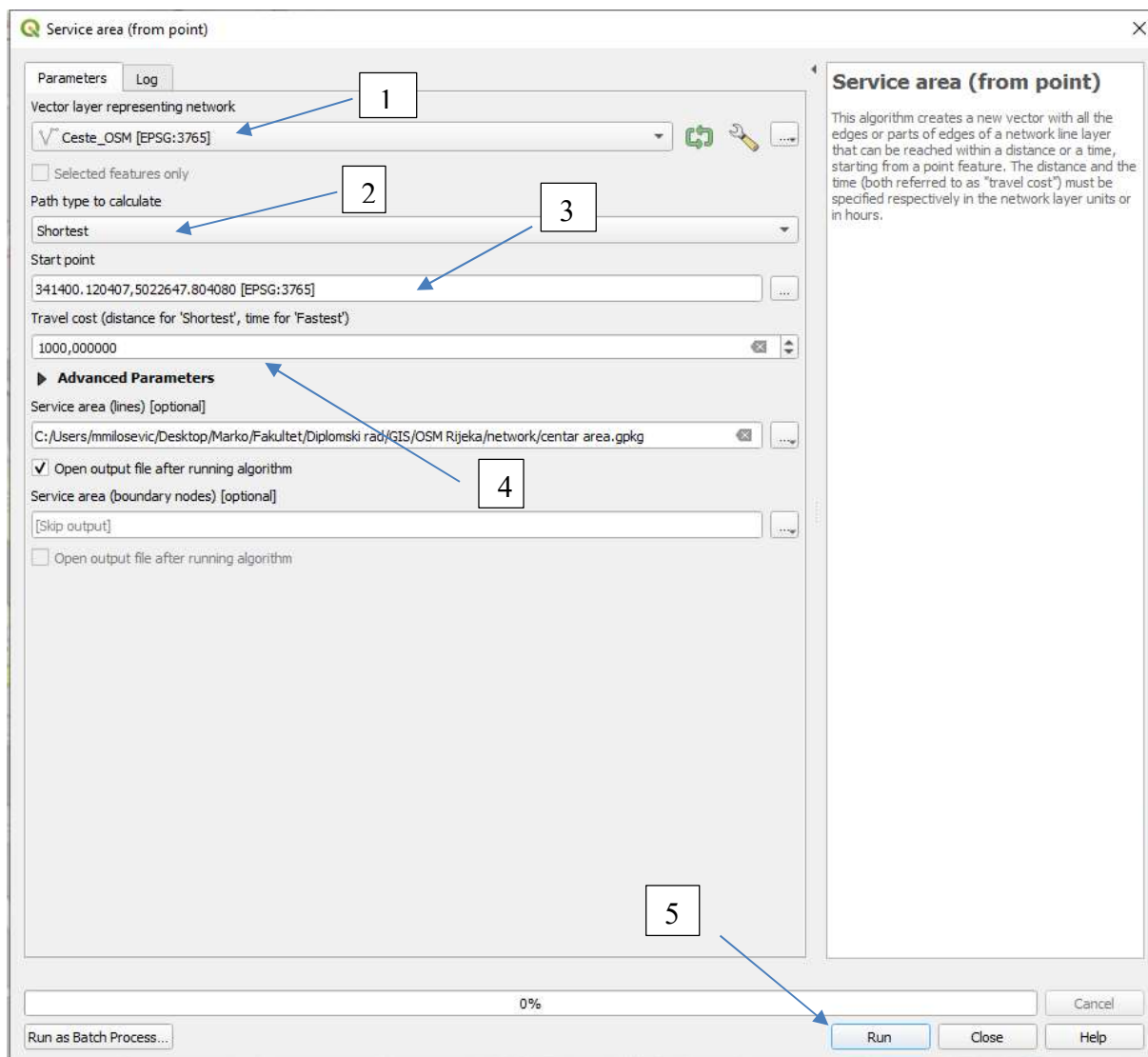
Prostorni plan uređenja grada Rijeke prostorno je planski dokument kojim lokalna samouprava provodi uspješnu politiku uređenja i zaštite prostora, sukladno utvrđenim ciljevima razvoja. Izmjena i dopuna PPUG Rijeke provedena je kao ciljana izmjena građevinskih područja izdvojene namjene, usvojena je na sjednici Gradskog vijeća održanoj 17.travnja 2013.g. [13] Nakon što su dodane osnovne podloge, za početak prostorne analize prometnica potrebno je bilo dodati prometnice u sustav. Dodana su dva sloja prometnica: iz TK25 i OSM karti. Prometnice se prikazuju kao linije, a raskrižja i krajevi prometnica kao čvorišta, što se može vidjeti na slici 12.

Mrežna analiza prometne mreže provedena je primjenom dviju mrežnih funkcija dostupnih u QGIS softveru: servisno područje (engl. service area) i najkraći put (engl. shortest path). Servisno područje (od točke) je funkcija pomoću koje se može odrediti koja su područja unutar prijedene udaljenosti ili utrošenog vremena od određene startne točke. Korisna je za procjenu pristupačnosti lokacija, na primjer, za vatrogasne postrojbe, bolnice i druge hitne službe jer se može vidjeti do koje udaljenosti mogu doći u određenom vremenu. [16]

Funkcija najkraći put (točke do točke) je funkcija pomoću koje se može odrediti najkraća ili najbrža linija putovanja od početne do krajnje točke.

Servisno područje koristi tri ulazna podatka: sloj koji sadrži prometnice, početnu točku te udaljenost. Postupak je slijedeći (prikazano na slici 22):

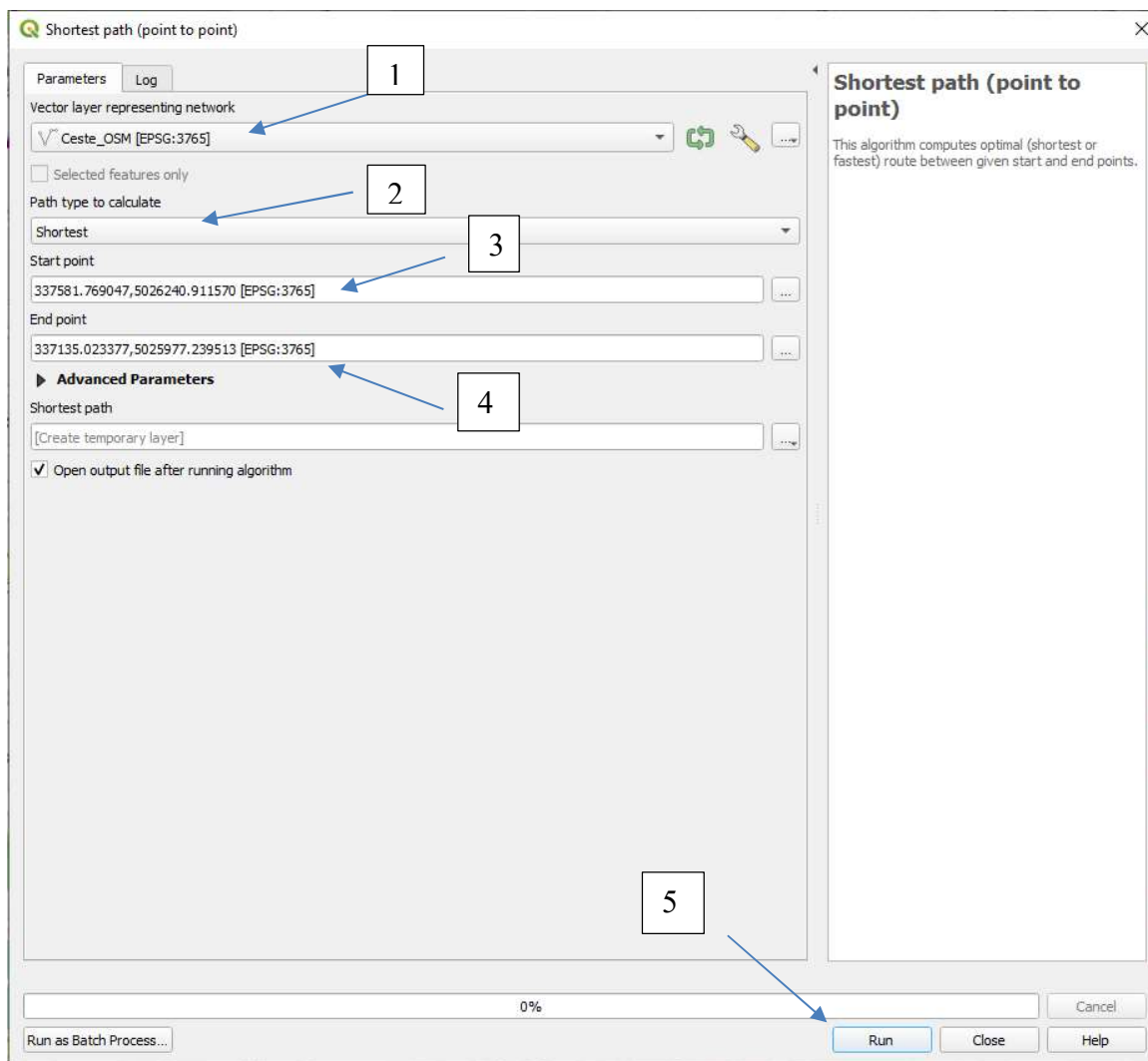
1. Sloj koji sadrži analizirane prometnice
2. Odabir vrste puta (najkraći ili najbrži)
3. Početna točka
4. Udaljenost.



Slika 22: Postupak za servisno područje

Za funkciju najkraći put postupak je slijedeći (slika 23):

1. Sloj iz kojeg uzimamo prometnice za analizu
2. Odabire se da li će tražit najkraći ili najbrži put
3. Početna točka
4. Krajnja točka



Slika 23: Prikaz prozora najkraći put (točke do točke)

3.2. Metodološki pristup

Cilj rada je analizirati osnovne prostorne značajke prometne mreže grada Rijeka te procijeniti njenu povezanost. Budući da se radi o prostornoj analizi, klasifikacija, priprema i rezultati provedeni su unutar GIS programa. Vrste analiza koje će se koristiti su: usporedna analiza podataka (atributno i položajno odstupanje), karakteristika mreže i ocjena povezanosti (indeks povezanosti i mrežna analiza).

Metodološki koraci su sljedeći:

1. Priprema podataka: uređivanje atributnih tablica te dodavanje duljina prometnica
2. Određivanje položajnog odstupanja OSM vektorskih podataka o prometnicama. određivanje širine područja u kojem će se razmatrati položajno odstupanje
3. Izrada usporednih tablica za atributno i položajno odstupanje

4. Podjela grada Rijeka na područja
5. Određivanje karakteristike mreže: gustoća prometa
6. Određivanje indeksa poveznosti: alfa, beta i gama indeks
7. Mrežna analiza: service area i shortest path.

Uređivanje atributnih tablica prometnica iz OSM-a i TK25 je prethodno opisano u poglavlju 3.1. Podaci i priprema podataka. Podaci o duljinama i klasama prometnicama su potrebni za izradu usporednih tablica.

Za atributno odstupanje napravljene su dvije tablice koje sadrže podatke o duljinama TK25 i OSM prometnicama po klasama (autocesta, državna, županijska, lokalna, nekvalificirana). U prvoj tablici, napisane su ukupne duljine TK25 i OSM prometnica po klasama prema kojima su označene u njihovoj atributnoj tablici. Ova tablica pokazuje koliko se TK25 i OSM prometnice poklapaju prema klasifikaciji cesta, bez obzira na pozicijsko preklapanje. U drugoj tablici, upisane su duljine prometnica koje se pozicijski preklapaju na karti, ali su prema klasifikaciji iste ili različite. Na primjer, ako postoje prometnice koje se pozicijski preklapaju, ali prema TK25 ima klasifikaciju državna cesta, a prema OSM-u županijska, duljina te prometnice se upisuje u ćeliju pod redak državna pod TK25 i stupac županijska pod OSM (vidi tablicu 3). Iz ove tablice, može se analizirati u kojem su odnosu i omjeru TK25 i OSM prometnice, koje se pozicijski preklapaju, prema klasifikaciji cesta.

Za određivanje položajnog odstupanja, potrebno je odrediti širinu pojasa prema kojem će se razmatrati položajno odstupanje. Određivanje širine pojasa prometnice opisano je u poglavlju 3.1. Podaci i priprema podataka. Određene su tri vrste buffera: od 2, 5 i 10 m'. Za svaki buffer napravljena je usporedna tablica u koju se upisuju duljine TK25 prometnica, duljine izrezanih TK25 prometnica, razlika te postotak pozicijskog preklapanja (vidi tablicu 4.).

Iz navedene tablice, može se zaključiti u kojoj duljini i prema kojim klasama se TK25 prometnice pozicijski preklapaju unutar određenog pojasa s OSM prometnicama.

Karakteristika mreže se određuje prema gustoći čvorova i linijskih elemenata te će se odrediti za cijelo područje te i četiri dijela grada Rijeke.

Gustoća čvorova je omjer broja križanja po jedinici površine, to jest, vrijednost koja upućuje na veći broj križanja te veću povezanost unutar mreže. Stupanj povezanosti mreže se povećava s povećanjem vrijednosti gustoće mreže. Kod velikih gradova te središnjih dijelova gradova, stupanj povezanosti je veći za razliku od prigradskih ulica u kojima je manji broj križanja. [15]

Gustoća čvorova se izračunava prema formuli:

$$\varphi_n = \frac{n}{A};$$

gdje je n broj čvorova na promatranoj površini, a A veličina promatrane površine.

Gustoća linijskih elemenata je duljina linijskih elemenata na promatranoj površini. Kao i gustoća čvorova, veća vrijednost znači i bolju povezanost unutar mreže.[15] Gustoća linijskih elemenata se računa prema formuli:

$$\rho_e = \frac{e}{A};$$

gdje je e duljina linijskih elemenata na promatranoj površini, a A veličina promatrane površine.

Za analizu povezanosti prometne mreže korištena su tri indeksa povezanosti, : alfa, beta te gama indeks.

Alfa indeks α je pokazatelj u kojoj su mjeri u prometnoj mreži osigurani alternativni putovi za određeno putovanje od čvora do čvora. Veća vrijednost indeksa upućuje na veću povezanost unutar mreže.[15] Formula za izračun alfa vrijednosti je sljedeća:

$$\alpha = \frac{(e-n)+1}{2n-5};$$

gdje je e broj linijskih elemenata, a n broj čvorova. [15]

Beta indeks β preko omjera linkova i čvorova opisuje kompleksnost i potpunost mreže.

Općenito, za mrežu s fiksnim brojem čvorova te većim brojem linkova, znači i veći mogući broj kruženja u mreži.[15] Značenja vrijednosti beta indeksa prema rezultatu:

- $\beta < 1$: nepovezana mreža
- $\beta = 1$: jedno kruženje
- $\beta > 1$: veća kompleksnost mreže.

Formula za izračun beta vrijednosti je sljedeća:

$$\beta = \frac{e}{n};$$

gdje je e broj linijskih elemenata, a n broj čvorova.

Gama indeks γ daje vrijednost obima povezanosti čvorova te omjer linkova i čvorova analizirane prometne mreže. Najčešće dobivene vrijednosti su od 0-1, a vrijednost jednaka 1 znači potpuno povezana mreža, ali za to je mala vjerojatnost.[15]

Formula za gama indeks je sljedeća:

$$\gamma = \frac{e}{3(n-2)},$$

gdje je e broj linijskih elemenata, a n broj čvorova.

Za analizu prometne mreže (eng. Network analysis) korištene su dvije funkcije unutar QGIS programa: servisno područje (od točke) i najkraći put (točke do točke)

Servisno područje (od točke) je funkcija pomoću koje se može odrediti koja su područja unutar prijedene udaljenosti ili utrošenog vremena od određene startne točke. Korisna je za procjenu pristupačnosti lokacija, na primjer, za vatrogasne postrojbe, bolnice i druge hitne službe jer se može vidjeti do koje udaljenosti mogu doći u određenom vremenu. [16]

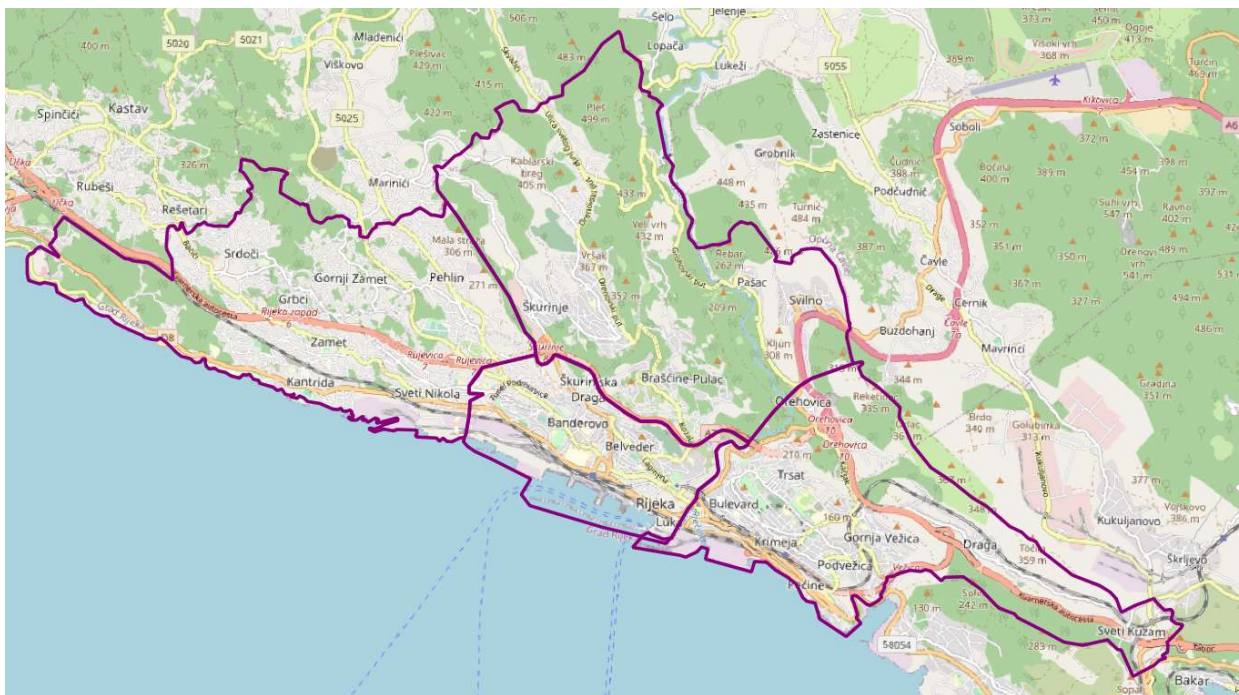
Funkcija najkraći put (točke do točke) je funkcija pomoću koje se može odrediti najkraća ili najbrža linija putovanja od početne do krajnje točke. Uz početnu i krajnju točku, ova funkcija je definirana još sa vektorskim layerom te odabirom da li se traži najkraći ili najbrži put.

3.3. Podjela grada Rijeka na područja

Grad Rijeka je podijeljena na četiri dijela zbog bolje analize prometne mreže te kako bi se dobio uvid i usporedba između određenih dijelova grada te grada Rijeke kao cjelinu. Pomoću podjele grada, prikazat će se da li je neki dio grada ima bolju cestovnu infrastrukturu od ostalih te koliki utjecaj ima na prometnu mrežu ostatka grada.

Grad Rijeka je podijeljena na četiri dijela (prikazano na slici 24.):

- Centar: Korzo, Školjić, Kozala, Belveder, Banderovo, Podmurvice, Mlaka
- Istočni dio: Brajdica, Bulevard, Pećine, Trsat, Vojak, Podvežica, Gornja Vežica, Draga, Sv. Kuzam
- Sjeverni dio: Brašćine-Pulac, Svilno, Pašac, Drenova, Škurinje
- Zapadni dio: Pehlin, Zamet, Gornji Zamet, Kantrida, Grbci, Srdoči, Sv. Nikola.



Slika 24: Podjela grada Rijeke na dijelove

Na slici 25. prikazana je atributna tablica s dodanim imenima te površinama dijelova grada, koje će kasnije služiti za analizu.

OBJECTID	NAZIV	GRAD	P_m2
1	3 Centar	RIJEKA	5169500,821
2	4 Istočni dio	RIJEKA	10846404,990
3	6 Sjeverni dio	RIJEKA	15533985,130
4	5 Zapadni dio	RIJEKA	12903208,660

Slika 25: Atributna tablica s dijelovima grada

4. REZULTATI PROSTORNE ANALIZE

4.1. Usporedna analiza prometnica iz TK25 i OSM-a

4.1.1. Atributno odstupanje prometnica

Rezultati atributnog odstupanja prema klasi prometnica prikazani su u tablici br. 2.

U tablicu br. 2 upisane su ukupne duljine prometnica po klasama i klase prometnica prema TK25 klasifikaciji te u zagradi napisane oznake klase prema OSM-u (vidi tablicu br.1.). Na primjer, ako se uzme u obzir autoceste koje su u OSM prometnicama označene kao trunk i motoway u stupcu TK25 upisana je duljina od 15.099,95 m' te u stupcu OSM 50.923,80 m'.

Tablica 2: Usporedba duljina prometnica po klasama

Klasa	Ukupna duljina (m')	
	TK25	OSM
Autocesta (trunk, motorway)	15.099,95	50.923,80
Državna (primary)	25.893,20	27.087,90
Županijska (secondary)	35.727,90	40.424,80
Lokalna (teritary)	58.701,10	32.042,00
Neklasificirana (unclassified)	/	241.265,00
Ukupno:	135.422,15	391.743,50

Prema upisanim podacima iz tablice 2: Usporedba duljina prometnica po klasama, može se zaključiti da se prometnice iz TK25 ne poklapaju s prometnicama iz OSM-a u duljinama, tj. da prometnice nisu isto označene.

Najveća razlika u ne poklapanju prometnica se vidi na autocestama. Naime, autocesta u TK25 ima 15.099,95 m', a u OSM-u 50.923,80. Razlika od 35.823,85 m' autocesta se odnosi na drugi dio riječke zaobilaznice od čvora Orehovica do čvora Sv. Kuzam te od čvora Draga do Brajdice. Ovaj dio prometnice nije ucrtan u TK25 jer se smatra kao dio riječke zaobilaznice, odnosno brze ceste, a ne kao autocesta. Autoceste u TK25 su označene crvenom bojom, a riječka zaobilaznica žutom bojom na slici 26.



Slika 26: Prikaz autocesta u TK25 i OSM-u

U tablica 3: Analiza poklapanja prometnica po klasama, napravljena je usporedna analiza iz koje se može vidjeti postotak preklapanja prometnica po klasama između TK25 i OSM-a koje se pozicijski preklapaju. U tablici su upisani podaci prema klasama koje su im pridružene u atributnoj tablici. Na primjer, prometnica koja je u TK25 označena kao državna, a u OSM-u kao županijska, njezinu duljinu upisujemo u ćeliju u redak državna te u stupac županijska. Upisana vrijednost označuje duljinu prometnica, koje se pozicijski preklapaju, i u koju klasu prometnica pripada.

Tablica 3: Analiza poklapanja prometnica po klasama

KLASA PROMETNICA		OSM CESTE					UKUPNO
		AUTOCESTA	DRŽAVNA	ŽUPANIJSKA	LOKALNA	NEKLASIF.	
TK25 CESTE	AUTOCESTA	15.099,95	/	/	/	/	15.099,95
	DRŽAVNA	/	18.058,43	6.739,01	544,69	/	25.342,13
	ŽUPANIJSKA	/	2.810,10	24.225,76	7.034,98	/	34.070,84
	LOKALNA	/	3.192,31	6.086,88	19.873,32	26.591,55	55.744,06
	NEKLASIFICIRANA	/	/	/	/	/	/
	UKUPNO:	15.099,95	24.060,84	37.051,65	27.452,99	26.591,55	

Ako uzmemo u obzir ceste koje su u TK25 označene kao državne, vidi se da se poklapaju s cestama različitih klasa iz OSM-a, u iznosu:

- Državne: 18.054,43 m'
- Županijske: 6.739,01 m'
- Lokalne: 544,69 m'
- Ukupno: 25.342,13 m'.

Prema prethodno navedenom, može se zaključiti da ceste, koje se pozicijski poklapaju, nisu isto klasificirane unutar TK25 i OSM-a. Također, ukupna duljina cesta koje se pozicijski preklapaju iznosi 25.342,13 m', a ukupna duljina državnih ceste unutar TK25 25.893,20 m' što znači da jedan dio TK25 prometnica, u iznosu od 551,97 m', se pozicijski ne preklapaju s OSM prometnicama.

4.1.2. Položajno odstupanje prometnica

Nakon što su TK25 prometnice izrezane prema zadanim bufferima, napravljene su usporedne tablice sa sljedećim podacima: duljine TK25 prometnica, duljine izrezanih TK25 prometnica, razlika između dva sloja te postotak preklapanja. Usporedna tablica je napravljena za sve tri širine pojasa od 2, 5 i 10 m'. Prema izrađenim tablicama, može se zaključiti da li postoji pozicijsko odstupanje između dviju prometnica i, ako postoji, o kolikom se odstupanju radi.

Tablica 4: Analiza preklapanja prometnica prema položaju unutar 2 m'

Klasa	Ukupna duljina (m')			
	TK25	TK25 (2 m' širine)	Razlika	Postotak
Autocesta (trunk, motorway)	15.099,95	11.897,60	3.202,35	78,79 %
Državna (primary)	25.893,20	25.893,20	0,00	100 %
Županijska (secondary)	35.727,90	35.646,10	81,80	99,77 %
Lokalna (teritary)	58.701,10	58.701,10	0,00	100 %
Ukupno:	135.422,15	132.138,00	3.284,15	97,57 %

U tablici 4. upisani su podaci preklapanja TK25 prometnica s OSM prometnicama prema bufferu širine 2 m'. Za klasu autocesta, duljina prometnica iznosi 15.099,95 m' te duljina izrezanih prometnica 11.897,60 m'. Prema tome, razlika u preklapanju iznosi 3.202,35 m', odnosno postotak poklapanja je 78,79 % za autocestu. Za državne ceste postotak preklapanja iznosi 100 %, županijske 99,77 % te za lokalne 100 %. Ukupni postotak preklapanja unutar 2 m' za TK25 prometnice s OSM prometnicama iznosi 97,57 %. Iz tablice 4. se može zaključiti da državne i lokalne ceste iz TK25 i OSM podloge se u potpunosti pozicijski poklapaju u širini odstupanja od 2 m'.



Slika 27: Buffer širina 5 m'

U tablici 5. upisane su duljine preklapanja prema bufferu širine 5 m' (vidi sliku 27.). Za razliku od prošle tablice, ovdje se za klasu autocesta povećala duljina preklapanja. U tablici 4. duljina je iznosila 11.897,60 m', a kod 5 m' 12.216,30, odnosno 80,90% preklapanja. Klase državne i lokalne ceste su ostale na istom iznosu, to jest na 100% preklapanja. Preostala klasa, županijska, se povećala kao i autocesta. Duljina preklapanja se povećala sa 35.646,10 m' na 35.681,30 što je povećanje od 35,2 m', odnosno za 0,09%. Postotak preklapanja županijskih ceste je 99,86%. Ukupno preklapanje iznosi 97,83% između TK25 i OSM-a.

Tablica 5: Analiza preklapanja prometnica prema položaju unutar 5 m'

Klasa	Ukupna duljina (m')			
	TK25	TK25 (5 m' širine)	Razlika	Postotak
Autocesta (trunk, motorway)	15.099,95	12.216,30	2.883,65	80,90 %
Državna (primary)	25.893,20	25.893,2	0,00	100 %
Županijska (secondary)	35.727,90	35.681,30	46,60	99,86 %
Lokalna (teritary)	58.701,10	58.701,10	0,00	100 %
Ukupno:	135.422,15	132.491,90	2.930,25	97,83 %

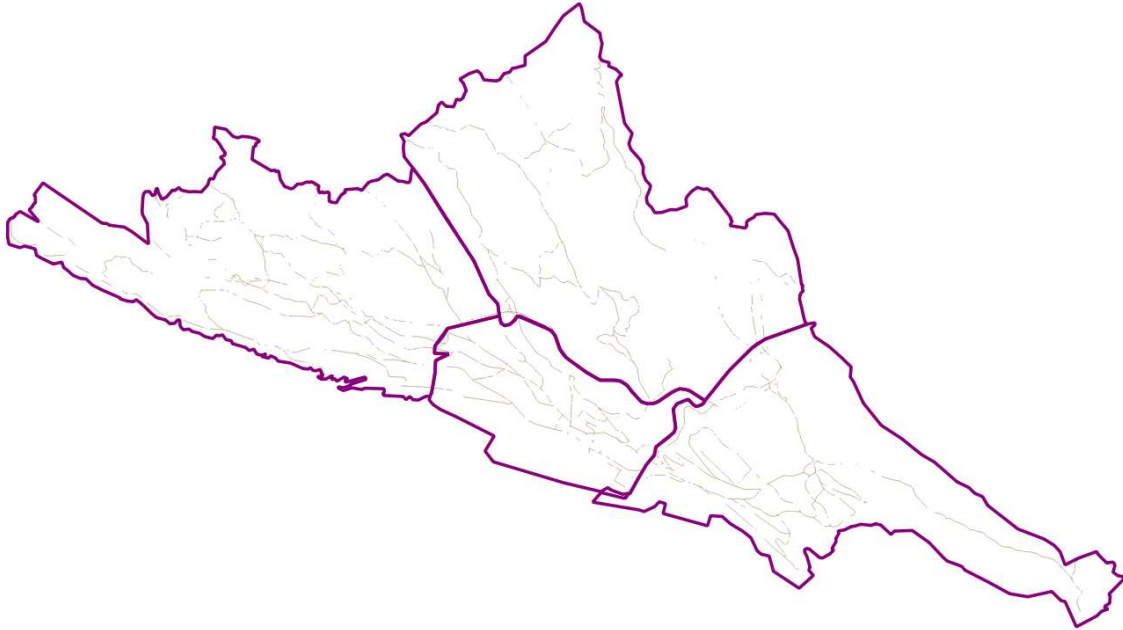
U tablici 6. upisane su duljine preklapanja prema bufferu od 10 m'. Podatci su isti kao i u tablici 5., to jest, duljina preklapanja je ista i kao za buffer širine od 5 m'. Za klasu autocesta postotak preklapanja iznosi 80,90%, državna i lokalna 100% te za županijsku 99,86%. Ukupna duljina preklapanja iznosi 132.491,90 m' od 135.422,15 m', odnosno ukupni postotak iznosi 97,83%.

Tablica 6: Analiza preklapanja prometnica prema položaju unutar 10 m'

Klasa	Ukupna duljina (m')			
	TK25	TK25 (10 m' širine)	Razlika	Postotak
Autocesta (trunk, motorway)	15.099,95	12.216,30	2.883,65	80,90 %
Državna (primary)	25.893,20	25.893,20	0,00	100 %
Županijska (secondary)	35.727,90	35.681,30	46,60	99,86 %
Lokalna (teritary)	58.701,10	58.701,10	0,00	100 %
Ukupno:	135.422,15	132.491,90	2.930,35	97,83 %

Prema gore izrađenim tablicama, može se zaključiti da povećanjem širine buffera OSM prometnica, povećava se i postotak preklapanja prometnica iz TK25 i OSM karti. Ali, i kod malih širina, postotak preklapanja je očekivano vrlo visok, osim kod klase autocesta gdje imamo veliki razmjer u pozicijskom preklapanju. Kako se povećala širina buffera, tako se povećao postotak preklapanja kod autocesta na konačnih 80,90% za buffer od 5 i 10 m'.

Državne i lokalne prometnice kod sve tri vrste buffera, imaju istu dužinu preklapanja te se u potpunosti pozicijski preklapaju s OSM prometnicama. Županijske prometnice su kod buffera od 5 m', imale dužinu preklapanja od 35.646,10 m' te se onda povećalo kod širine od 5 m' i 10 m' na konačnih 35.681,30 m', odnosno 99,86% preklapanja.



Slika 28: Prikaz obrezanih prometnica za buffer od 2 m'

4.2. Karakteristike mreže

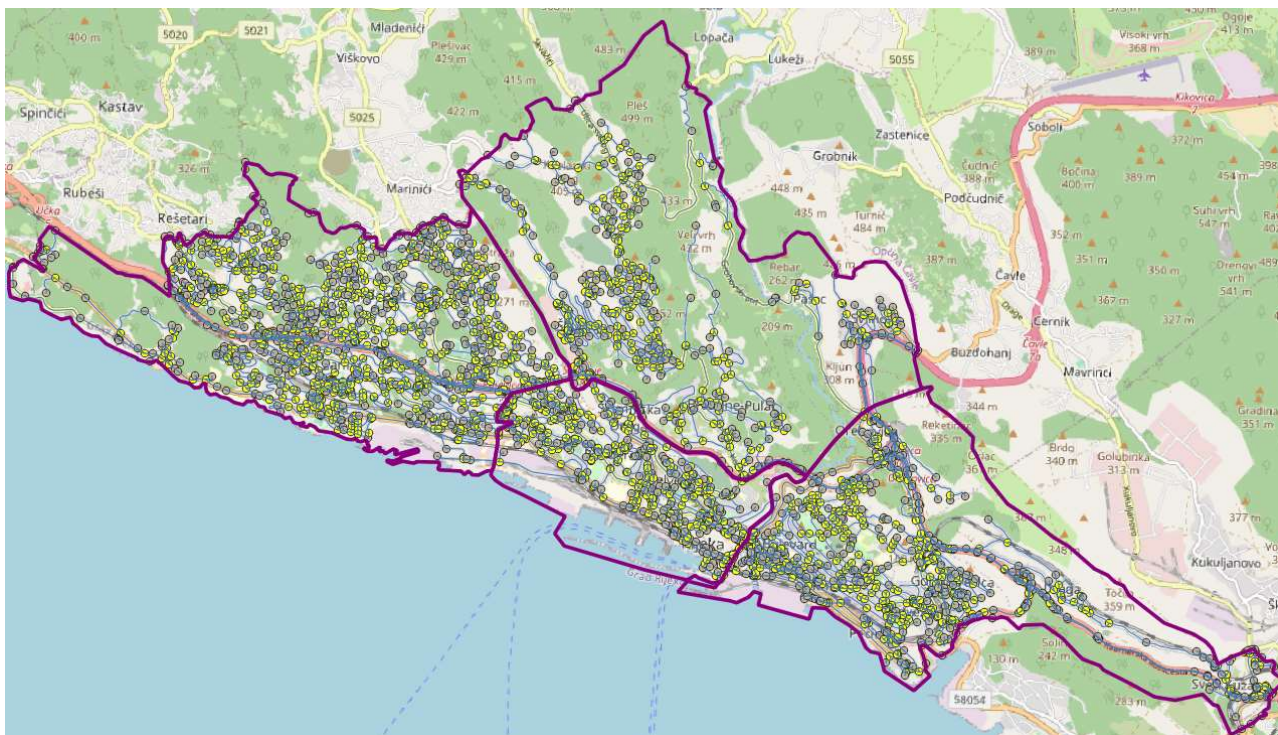
Gustoća čvorova i gustoća linijskih elemenata mreže govori o broju križanja ili linijskih elemenata na jedinici površine te pokazuje vrijednost koja upućuje na veći broj križanja i veću povezanost unutar mreže. Za određivanje gustoće čvorova za grad Rijeku, podatci su sljedeći:

- n: 2 984 kom
- A: 43 338 584, 37 m²,

te iz tih podataka dobivamo vrijednost:

$$\varphi_n = \frac{n}{A} = \frac{2\,984}{43\,338\,584,37} = 6,8 \times 10^{-5}.$$

Križanja na području grada Rijeka, označena su žutom bojom na slici 29.



Slika 29: Prikaz raskrižja (žutom bojom) na području grada Rijeke

Ulazni podaci i gustoća čvorova po pojedinim dijelovima grada je sljedeća:

- Centar:

n: 447 kom

A: 5 169 500, 82 m²,

$$\varphi_n = \frac{n}{A} = \frac{447}{5\,169\,500,82} = 8,64 \times 10^{-5},$$

- Istočni dio:

n: 781 kom

A: 10 846 404, 99 m²,

$$\varphi_n = \frac{n}{A} = \frac{781}{10\,846\,404,99} = 7,20 \times 10^{-5},$$

- Sjeverni dio:

n: 512 kom

A: 15 533 985,13 m²,

$$\varphi_n = \frac{n}{A} = \frac{512}{15\,533\,985,13} = 3,30 \times 10^{-5},$$

- Zapadni dio:

n: 1 244 kom

A: 12 903 208,66 m²,

$$\varphi_n = \frac{n}{A} = \frac{1\,244}{12\,903\,208,66} = 9,64 \times 10^{-5},$$

Prema dobivenim podacima, najveći stupanj povezanosti ima zapadni dio pa onda centar, istočni te sjeverni dio. Centar, zapadni i istočni dio imaju čak i veći stupanj povezanosti od cijelog grada Rijeke.

Za određivanje gustoće linijskih elemenata, uzeti su ulazni podatci za formulu za grad Rijeku:

- e: 391 743,50 m'
- A: 43 338 584,37 m²,

te gustoća linijskih elemenata iznosi:

$$\rho_e = \frac{e}{A} = \frac{391\,743,50}{43\,338\,584,37} = 0,0090.$$

Ulazni podaci i gustoća linijskih elemenata po dijelovima grada iznosi:

- Centar:

$$e: 52\,816,30 \text{ m'}$$

$$A: 5\,169\,500,82 \text{ m}^2,$$

$$\rho_e = \frac{e}{A} = \frac{52\,816,30}{5\,169\,500,82} = 0,0102;$$

- Istočni dio:

$$e: 104\,598,00 \text{ m'}$$

$$A: 10\,846\,404,99 \text{ m}^2,$$

$$\rho_e = \frac{e}{A} = \frac{104\,598,00}{10\,846\,404,99} = 0,0096;$$

- Sjeverni dio:

$$e: 90\,768,10 \text{ m'}$$

$$A: 15\,533\,985,13 \text{ m}^2,$$

$$\rho_e = \frac{e}{A} = \frac{90\,768,10}{15\,533\,985,13} = 0,0058;$$

- Zapadni dio:

$$E: 143\,561,10$$

$$A: 12\,903\,208,66 \text{ m}^2,$$

$$\rho_e = \frac{e}{A} = \frac{143\,561,10}{12\,903\,208,66} = 0,0111.$$

Prema gore izvedenim formulama, vrijednost za grad Rijeku iznosi 0,009. Tri dijela grada, centar, istočni te zapadni dio imaju veće vrijednosti od grada Rijeka. Za centar iznosi 0,0102, istok 0,0096 te za zapad 0,0111. Jedini dio koji ima manju vrijednost je sjeverni dio te iznosi 0,0058. Iz toga se može zaključiti da se na sjevernom dijelu nalazi najmanje prometnica, što se može vidjeti i iz karte jer je većina površine tog dijela upravo šuma i brdolik kraj.

4.3. Indeksi povezanosti

Za određivanje indeksa povezanosti koristi se alfa, beta i gama indeks.

Vrijednost alfa indeksa za grad Rijeku i dijelove grada su:

- Grad Rijeka:

- e: 7 284
- n: 2 984 kom

$$\alpha = \frac{(7\,284 - 2\,984) + 1}{2 \times 2\,984 - 5} = 0,72 ;$$

- Centar:

- e: 584
- n: 447 kom

$$\alpha = \frac{(584 - 447) + 1}{2 \times 447 - 5} = 0,16 ;$$

- Istočni dio:

- e: 1 876
- n: 781 kom

$$\alpha = \frac{(1\,876 - 781) + 1}{2 \times 781 - 5} = 0,70 ;$$

- Sjeverni dio:

- e: 1 133
- n: 512 kom

$$\alpha = \frac{(1\,133 - 512) + 1}{2 \times 512 - 5} = 0,61 ;$$

- Zapadni dio:

- e: 3 691
- n: 1 244 kom

$$\alpha = \frac{(3\,691 - 1\,244) + 1}{2 \times 1\,244 - 5} = 0,98.$$

Najveća vrijednost je dobivena za zapadni dio grada, odnosno 0,98, što znači da je unutar mreže povezanost skoro pa potpuna. Nakon zapadnog dijela, sljedeći su grad Rijeka sa 0,72, istočni dio sa 0,70 te sjeverni sa 0,61. Najlošiju vrijednost ima centar grada sa 0,16, što pokazuje da je centar grada previše i naglo izgrađen te prometna mreža nije pratila takav razvoj građevina.

Vrijednost beta indeksa za grad Rijeku i dijelove grada su:

- Grad Rijeka:

- e: 7 284
- n: 2 984 kom

$$\beta = \frac{7\,284}{2\,984} = 2,44;$$

- Centar:

- e: 584
- n: 447 kom

$$\beta = \frac{584}{447} = 1,30;$$

- Istočni dio:

- e: 1 876
- n: 781 kom

$$\beta = \frac{1\,876}{781} = 2,40;$$

- Sjeverni dio:

- e: 1 133
- n: 512 kom

$$\beta = \frac{1\,133}{512} = 2,21;$$

- Zapadni dio:

- e: 3 691
- n: 1 244 kom

$$\beta = \frac{3\,691}{1\,244} = 2,96.$$

Na svim dijelovima dobivene vrijednosti su veće od 1, što ukazuje na veću kompleksnost mreže. Centar grada s vrijednosti od 1,3 jedini je najbliži 1 i jednostavnoj mreži te jednom kruženju. Grad Rijeka i ostali dijelovi imaju vrijednosti veće od 2.

Vrijednost gama indeksa za grad Rijeku i dijelove grada su:

- Grad Rijeka:

- e: 7 284
- n: 2 984 kom

$$\gamma = \frac{7\,284}{3(298)} = 0,81;$$

- Centar:

- e: 584
- n: 447 kom

$$\gamma = \frac{584}{3(447-2)} = 0,44;$$

- Istočni dio:

- e: 1 876
- n: 781 kom

$$\gamma = \frac{1\,876}{3(781)} = 0,80;$$

- Sjeverni dio:

- e: 1 133
- n: 512 kom

$$\gamma = \frac{1\,133}{3(512)} = 0,74;$$

- Zapadni dio:

- e: 3 691
- n: 1 244 kom

$$\gamma = \frac{3\,691}{3(1244)} = 0,99.$$

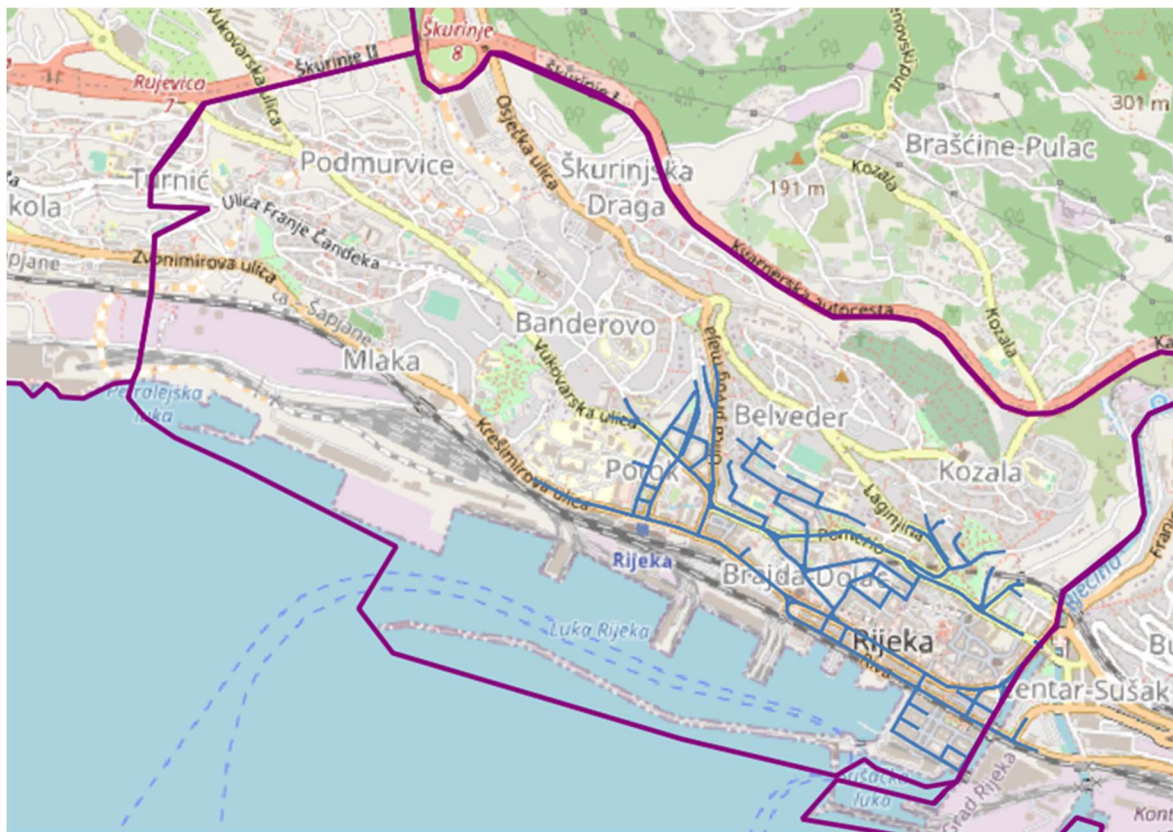
Kao i kod alfa indeksa, najveću vrijednost ima zapadni dio grada u iznosu od 0,99 što je najbliže vrijednosti 1 i potpuno povezanoj mreži. Grad Rijeka, istočni i sjeverni dio su najbliži s vrijednostima te centar s najmanjom vrijednosti od 0,44.

4.4. Mrežna analiza

U svakom dijelu grada nasumično je odabran po jedan objekt (ukupno četiri za područje grada) za određivanje servisnog područja:

- Centar: autobusni kolodvor Žabica (vidi sliku 30.)
- Istočni: crkva sv. Terezija od Djeteta Isusa (vidi sliku 31.)
- Sjeverni: Osnovna škola Frana Frankovića (vidi sliku 32.)
- i zapadni dio: Pastoralni centar “Riječ i život” (vidi sliku 33.).

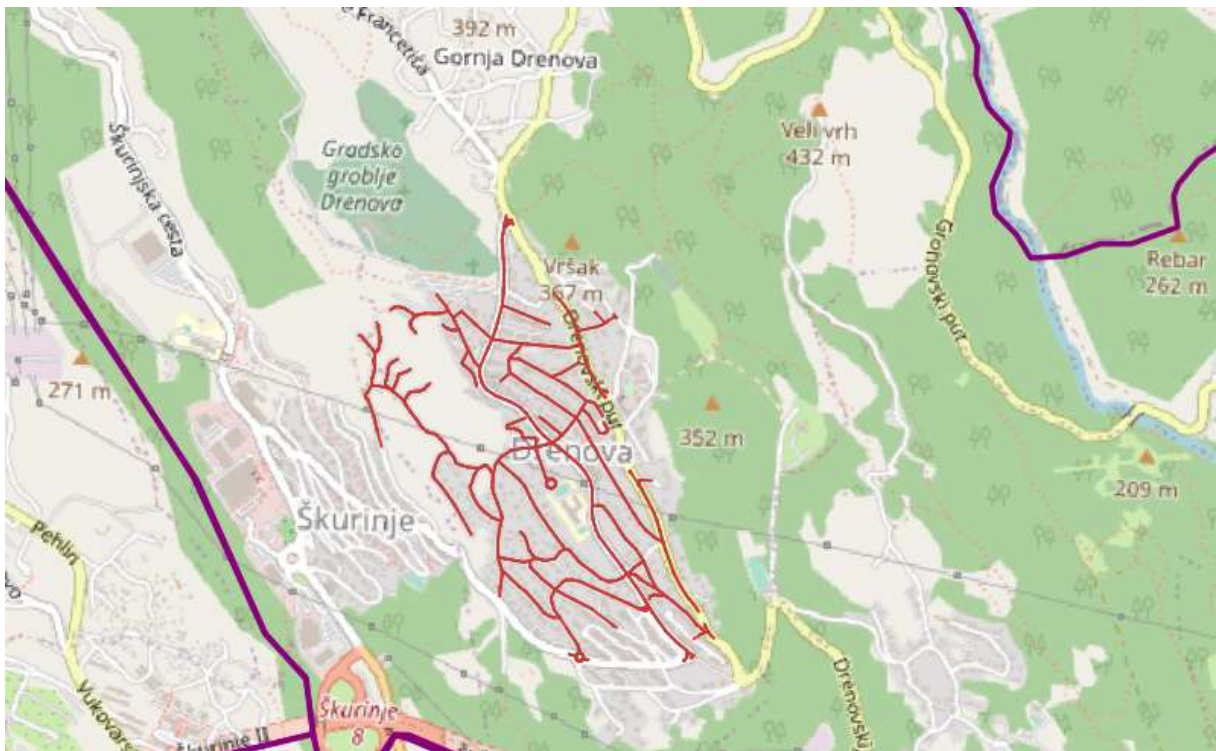
Za udaljenost je određeno 1 000,00 m'. Na slici 34. prikazana su sva područja s servisnim područjem na području grada Rijeke.



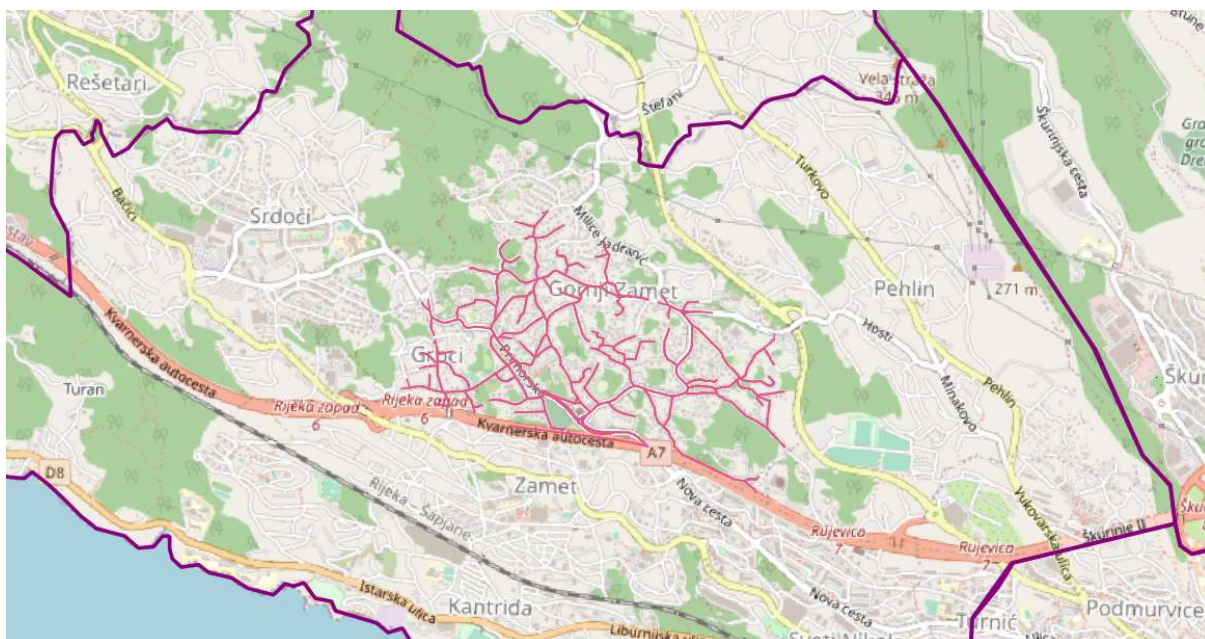
Slika 30: Servisno područje za centar grada Rijeka



Slika 31: Servisno područje za istočni dio grada Rijeka

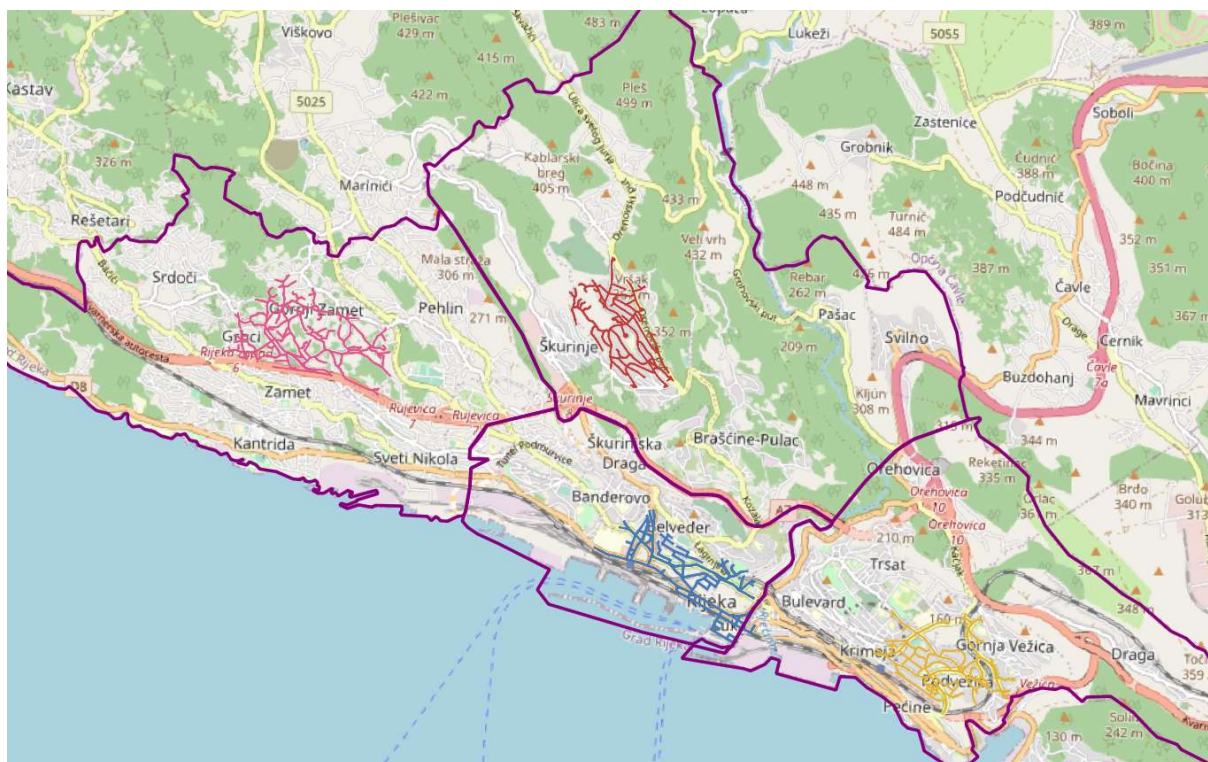


Slika 32: Servisno područje za sjeverni dio grada Rijeka



Slika 33: Servisno područje za zapadni dio grada Rijeka

Iz priloženih slika s rezultatima analize, može se zaključiti kako ovisno o području, udaljenost od 1 000 m' izgleda različito. Kod centra i sjevernog dijela grada Rijeka, mreža je pravokutnog oblika, dok je kod istočnog i zapadnog dijela kružnog oblika. Usporedba svih dijelova na području grada Rijeke prikazan je na slici 34.



Slika 34: Servisno područje za istočni dio grada Rijeka

Preko najkraćeg puta (točke do točke) analizirana su tri prometna pravca iz tri dijela grada prema centru grada Rijeke te su uzete sljedeće početne točke:

- Istočni dio - Centar: od crkve Terezija od Djeteta Isusa do autobusnog kolodvora Žabica (vidi sliku 35.)
- Sjeverni dio - Centar: od Osnovne škole Frana Frankovića do autobusnog kolodvora Žabica (vidi sliku 36.)
- Zapadni dio - Centar: od Pastoralnog centra “Riječ i život” do autobusnog kolodvora Žabica (vidi sliku 37.).

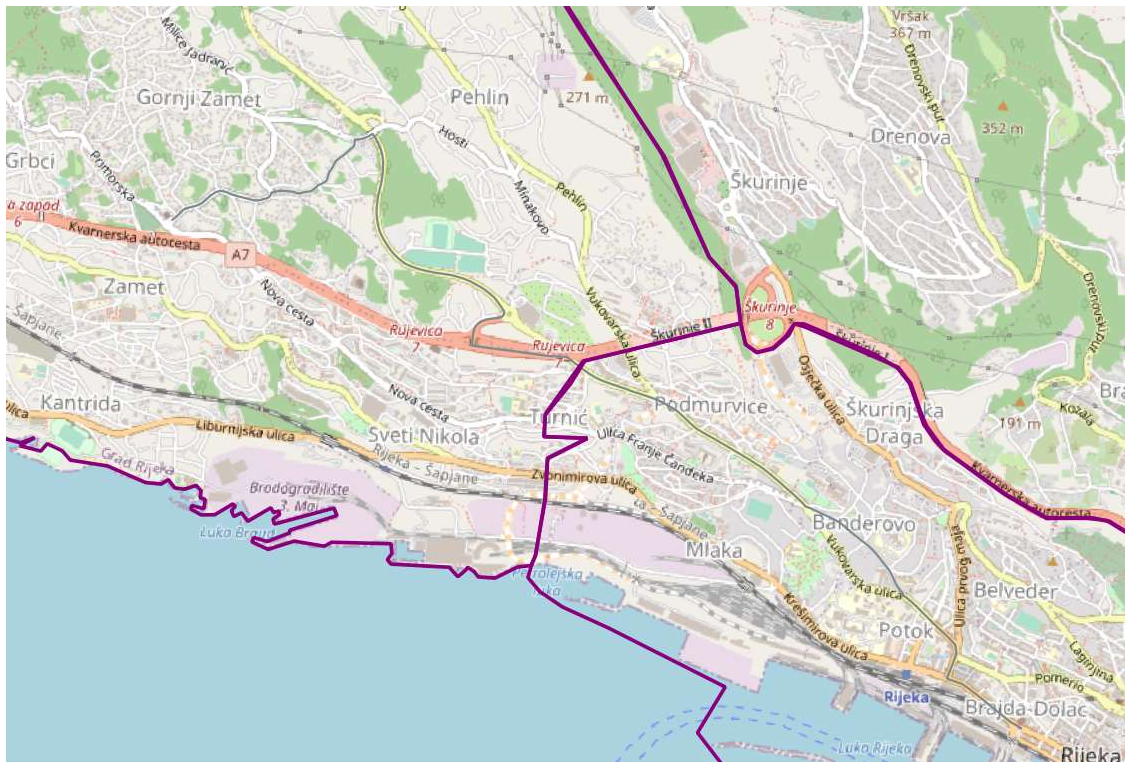
Za analizu je odabrana opcija najkraći put.



Slika 35: Najkraći put od istočnog dijela do centra



Slika 36: Najkraći put od sjevernog dijela do centra



Slika 37: Najkraći put od zapadnog dijela do centra

Grafički rezultati analize su vidljivi na slikama 35., 36. i 37., a duljine puteva su sljedeće:

- Istočni dio - Centar: 3 361,15 m',
- Sjeverni dio - Centar: 5 491,29 m',
- Zapadni dio - Centar: 5 856,66 m'.

Za usporedbu najkraćeg puta i najbržeg puta, odabrana je najduža ruta od naselja Sv. Kuzam na istoku do motela Sljeme na zapadu grada Rijeka. Analiza je pokazala isti put za najkraći i najbrži put, to jest, istom dionicom će se doći za najmanje kilometra te najmanje vremena. Prikaz analize se nalazi na slici 38.



Slika 38: Najkraći put od istočnog do zapadnog dijela grada Rijeka

Rezultati analize gustoće čvorova i linijskih elemenata pokazuju da drugi dijelovi grada (istočni, sjeverni i zapad) imaju bolju infrastrukturu od centra grada, odnosno omjer čvorova i linijskih elemenata je manji nego u centru grada. Drugi pokazatelji mrežne analize, kao što su alfa, beta i gama indeks pokazali su da zapadni dio grada ima najbolje rezultate analize te je cestovna mreža na tom području skoro pa povezana, ali i kompleksna te postoji mogućnost većeg broja kruženja u mreži. Istočni i sjeverni dio grada su slični prema pokazateljima analize, te su približno povezani, ali i dalje je mreža kompleksna, dok centar grada ima najlošije pokazatelje. Servisno područje je grafički pokazalo gustoću mreže te tako kod zapadnog i istočnog dijela grada udaljenost od 1000 m' određuje veću prostornu površinu nego kod sjevernog dijela te

centra grada. Također, vidi se da je oblik servisnog područja kod centra i sjevernog dijela grada pravokutni te ne odgovara radijusu od 1000 m' što pokazuje na kompliciranost mreže, dok kod zapadnog i istočnog dijela mreža je kružnog oblika te je mreža jednostavnija. Najkraći put je za put između dijelova gradova uzimao ceste visoke važnosti (državne i županijske) kao najoptimalniji put što pokazuje na ovisnost prometne infrastrukture o državnim i županijskim cestama, dok su lokalne prometnice komplicirane te ne povezane međusobno.

5. ZAKLJUČAK

Grad Rijeka je grad koji se kroz povijest razvijao zbog položaja na moru te značaja riječke luke. Upravo zbog luke, neki od glavnih prometnih pravaca su izgrađeni za vrijeme Austro-ugarske države, kao jozefinska i karolinska cesta te željeznica koja je povezivala Rijeku s Karlovcem, Zagrebom te Budimpeštom.

Jedan od ciljeva rada bilo je prikazat prometnu mrežu grada Rijeka te njezinu gustoću i kompliciranost preko geoinformacijskog sustava i programa QGIS-a. Korištenje GIS-a kroz unos podataka i kvalitetnu pripremu podataka, uveliko je pomoglo kod daljne mrežne analize. Prednosti GIS-a su sve veća dostupnost podataka, odnosno digitaliziranih karti kao što su DOF i TK25 karte. Spomenute karte su lako dostupne preko interneta kao i prostorni planovi jedinica samouprava, koje su počele uveliko digitalizirati svoje karte te ih davati u javnu namjenu. Nedostatak GIS-a je kompliciranost softvera koji su namijenjeni za GIS te nisu jednostavni za korisnike koji su početnici u njemu. Kvaliteta podataka je trenutno visoke kvalitete što odgovara sve većoj digitalizacija podataka i dostupnosti za sve korisnike preko internetskih stranica. Kao jedan od primjera kvalitetnih podataka je Openstreetmaps, baza podataka s otvorenim pristupom, koji daje realne i stvarne podatke o infrastrukturi, položajima objekata te na kraju kao realna karta svijeta. U prošlosti, dostupnost podataka za potrebe GIS-a su bile male te većinu podataka je sam korisnik morao sam unijeti ili iscrtati, tj. potrebno je bilo da sami digitaliziraju podatke.

Uz odgovarajuće metode te funkcije unutar programa QGIS-a, vrlo lako se dolazi do željenih rezultata. Zbog pristupnosti kvalitetnih ulaznih podataka, tj. karti (u ovom slučaju Openstreetmaps-a i DOF-a) prema kojima se dobiva realan uvid u stvarno stanje te se podaci vrlo lako mogu vizualno usporediti, dolazi se do zaključka da je GIS primjenjiv za analizu prometne mreže.

6. LITERATURA

- [1] Ivanić I., *Značenje i uloga prvih makadamskih cesta u Hrvatskoj*, završni rad, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 2015.
- [2] Enciklopedija.hr, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28474>, pristup 02.08.2022.
- [3] Google photos, www.google.com, pristup 02.08.2022.
- [4] Cuculić M., *Prometna infrastruktura*, nastavni materijal (nepublicirano), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2021.
- [5] Zakon o cestama, NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 144/21, 2022. godine
- [6] Wikipadia, https://hr.wikipedia.org/wiki/Geografski_informacijski_sustav, pristup 09.07.2022.
- [7] ESRI, <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>, pristup 09.07.2022.
- [8] GIS geography, <https://gisgeography.com/spatial-data-types-vector-raster/>, pristup 09.07.2022.
- [9] Wikipedija, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/About_OpenStreetMap, pristup 10.07.2022.
- [10] AequilibraE, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/About_OpenStreetMap, pristup 10.07.2022.
- [11] Šoić I., *Prostorna analiza razine prometnog stresa za bicikliste na odabranim prometnicama u Gradu Rijeci*, diplomski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2021.
- [12] Vlada Republike Hrvatske: Prostorni podaci, <https://gov.hr/hr/prostorni-podaci/1304>, pristup 03.09.2022.
- [13] Grad Rijeka: Prostorni plan uređenja Grada Rijeka, <https://www.rijeka.hr/teme-za-gradane/stanovanje-i-gradnja/urbanisticko-planiranje/prostorni-planovi/prostorni-plan-uredjenja-grada-rijeke/>, pristup 03.09.2022.
- [14] Horvat B., *GIS u planiranju komunalne infrastrukture*, nastavni materijal (nepublicirano), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2021.
- [16] QGIS tutorial and tips, https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/service_area_analysis.html, pristup 05.09.2022.
- [17] Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/QGIS>, pristup 11.09.2022.
- [18] Wiki GIS, http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Network_Analysis, pristup 11.09.2022.

- [19] Wiki, https://hr.tr2tr.wiki/wiki/Data_quality, pristup 13.09.2022.
- [20] Vuk D., Ciriković E., Suk D., *Kvaliteta podataka i njen značaj danas*, pregledni rad, Visoka škola Virovitica, 2015.
- [21] Goodchild, M. F., Hunter, G., J. (1997): A simple positional accuracy measure for linear features. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(3), 299-306