



Dušan D. Kocić

ALGORITAM ZA ODREĐIVANJE TIP A I POZICIJE BIKIKLISTIČKIH POVRŠINA U OKVIRU PROFILA POSTOJEĆIH GRADSKIH SAOBRAĆAJNICA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Tekst ove doktorske disertacije stavlja se na uvid javnosti,
u skladu sa članom 40., stav 9. Zakona o visokom obrazovanju
(„Sl. glasnik RS“, br. 88/2017, 73/2018, 27/2018 – dr. zakon,
67/2019, 6/2020 – dr. zakoni, 11/2021 – autentično tumačenje,
67/2021, 67/2021 – dr. zakon i 76/2023).

NAPOMENA O AUTORSKIM PRAVIMA:

Ovaj tekst smatra se rukopisom i samo se saopštava javnosti
(član 7. Zakona o autorskim i srodnim pravima, „Sl. glasnik RS“, br. 104/2009,
99/2011, 119/2012, 29/2016 – odluka US i 66/2019).

**Nijedan deo ove doktorske disertacije ne sme se koristiti ni u kakve svrhe,
osim za upoznavanje sa njenim sadržajem pre odbrane disertacije.**

Niš, 2026.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND
ARCHITECTURE



Dušan D. Kocić

**ALGORITHM FOR DETERMINING THE
TYPE AND POSITION OF BICYCLE
SURFACES WITHIN THE PROFILE OF
EXISTING CITY ROADS**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2026.

Mentor:

Dr Miloš Šešlija, vanredni profesor

Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu

Datum odbrane doktorske disertacije:

Zahvalnost

Ova disertacija je rezultat višegodišnjeg istraživanja u oblasti projektovanja biciklističke infrastrukture.

Zahvaljujem se Zavodu za urbanizam grada Niša na obezbeđivanju neophodnih podataka i materijala za izradu ovog rada.

Zahvaljujem se svojim roditeljima, majci Slađani i ocu Dragoljubu na strpljenju, razumevanju i podršci prilikom pisanja doktorske disertacije.

Zahvaljujem se svojoj devojci Jeleni Živković na beskrajnoj podršci, strpljenju i osloncu u svakom trenutku izrade ove disertacije.

Zahvaljujem se mojim kolegama na savetima i na obavezama koje su preuzeli na sebe kako bi mi omogućili više vremena za izradu ovog rada.

Hvala dr Nenadu Stojkoviću, docentu na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu na savetima i podršci.

I na kraju, posebno se zahvaljujem mentoru dr Milošu Šešliji, vanrednom profesoru na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Hvala za uloženo vreme, profesionalnost, strpljenje, razumevanje i veru posvećenu mom profesionalnom razvoju.

Dušan D. Kocić

Podaci o doktorskoj disertaciji

Mentor:	Dr Miloš Šešlija Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka
Naslov:	Algoritam za pozicioniranje biciklističkih površina u okviru profila postojećih gradskih saobraćajnica
Rezime:	Unapređenje održive mobilnosti u urbanim sredinama podrazumeva smanjenje motorizovanog saobraćaja i razvoj infrastrukture koja podržava alternativne vidove transporta, kao što je biciklizam. Inkorporacija biciklističke infrastrukture u okviru već formiranih urbanističkih celina, u cilju promocije biciklizma kao održivog vida transporta, ima ključnu ulogu u tom procesu. Međutim, već izgrađeni urbani prostor zahteva pažljivu i sistematičnu analizu postojeće infrastrukture, kao i procenu mogućnosti pozicioniranja biciklističkih površina. U okviru ove disertacije razvijen je algoritam za određivanje optimalne pozicije i tipa biciklističke površine u okviru postojećeg profila gradske saobraćajnice. Algoritam je sačinjen od faza koje obuhvataju prikupljanje podataka, klasifikaciju i analizu geometrijskih i saobraćajnih karakteristika gradskih saobraćajnica. Testiranje algoritma izvršeno je na 21 gradskoj saobraćajnici u gradu Nišu, a analizom su obuhvaćene pristupne, sabirne i magistralne ulice. Podaci o geometrijskim i saobraćajnim elementima analiziranih ulica dobijeni su od Zavoda za urbanizam grada Niša. Analizom rezultata algoritam je pokazao efikasan rad i predložio tip i poziciju biciklističke površine za 18 ulica, dok 3 ulice nisu ispunjavale zahtevane kriterijume. Takođe, algoritam je pokazao da većina analiziranih ulica, uprkos ograničenom prostoru, ima potencijal za integraciju biciklističkog saobraćaja. Primenom algoritma omogućeno je sistematsko i objektivno donošenje odluka i rešenja prilikom planiranja novih i rekonstrukcije postojećih gradskih saobraćajnica
Naučna oblast:	Građevinarstvo
Naučna disciplina:	Saobraćajnice
Ključne reči:	Biciklistička infrastruktura, algoritam, gradske saobraćajnice, urbano planiranje, održivost, projektovanje, mobilnost
UDK:	625.711.4(043.3)

CERIF
Klasifikacija:

T 220, T 260, T 280

Tip licence
Kreativne
zajednice:

CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	Assistant Professor Miloš Šešlija University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Title:	Algorithm for positioning cycling surfaces in the framework of the existing city traffic profile
Abstract:	The improvement of sustainable mobility in urban areas implies the reduction of motorized traffic and the development of infrastructure that supports alternative modes of transport, such as cycling. The incorporation of cycling infrastructure within already developed urban areas plays a key role in promoting cycling as a sustainable mode of transport. However, the existing urban environment requires careful and systematic analysis of current infrastructure, as well as an assessment of the possibilities for positioning cycling facilities. Within this dissertation, an algorithm was developed for determining the optimal position and type of cycling surface within the existing cross-section of an urban street. The algorithm consists of several phases, including data collection, classification, and analysis of geometric and traffic characteristics of urban streets. The algorithm was tested on 21 streets in the city of Niš, including access, collector, and arterial roads. Data on geometric and traffic elements of the analyzed streets were obtained from the Urban Planning Institute of the City of Niš. The analysis of results showed that the algorithm performed efficiently and proposed a type and position of cycling surface for 18 streets, while 3 streets did not meet the required criteria. The algorithm also demonstrated that most of the analyzed streets, despite spatial limitations, have potential for the integration of cycling traffic. The application of the algorithm enabled systematic and objective decision-making and solution development in the planning of new or reconstruction of existing urban streets.
Scientific Field:	Civil engineering
Scientific Discipline:	Roads
Keywords:	Cycling infrastructure, algorithm, city roads, urban planning, sustainability, design, mobility
UDC:	625.711.4(043.3)

CERIF
Classification:

T 220, T 260, T 280

Creative
Commons
License Type:

CC BY-NC-ND



SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
1.1 PREDMET RADA.....	4
1.2 OSNOVNA POLAZIŠTA - HIPOTEZE.....	5
1.3. PREGLED RADA PO POGLAVLJIMA	6
2. PREGLED LITERATRE.....	8
2.1 UVOD.....	8
2.2 ANALIZA NAUČNIH RADOVA	8
2.3 ZAKLJUČAK	33
3. PREGLED STANDARDA I SMERNICA ZA PROJEKTOVANJE BIKIKLISTIČKE INFRASTRUKTURE	35
3.1. PREGLED I ANALIZA PRIRUČNIKA ZA PROJEKTOVANJE PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI..	35
3.1.1. Biciklističke površine.....	35
3.1.2. Dimenzije geometrijskih elemenata biciklističkih površina	35
3.1.3. Preglednost.....	39
3.1.4. Ukrštanje biciklističkih površina sa drugim saobraćajnim površinama	39
3.1.5. Parkirališta i objekti za odlaganje bicikala	40
3.1.6. Karakteristike kolovozne konstrukcije	42
3.2. PREGLED I ANALIZA PRIRUČNIKA ZA PROJEKTOVANJE PUTEVA U REPUBLICI BOSNI I HERCEGOVINI	43
3.2.1. Tehnički elementi biciklističkih površina.....	43
3.2.2. Izbor tehničkog oblika biciklističke površine	44
3.2.3. Kriterijum za izbor tehničkog oblika biciklističke staze.....	44
3.2.4. Brzina vožnje i kapacitet biciklističkih površina	46
3.2.5. Biciklističke trake	50
3.2.6. Biciklističke staze	51
3.2.7. Geometrijski elementi biciklističkih površina	53
3.2.8. Ukrštanje biciklističkog saobraćaja sa drugim saobraćajnim površinama	59
3.2.9. Prostor za odlaganje bicikala	60
3.2.10. Kolovozna konstrukcija	63
3.3. ZAKLJUČAK	64
4. OPIS ALGORITMA.....	66
4.1 OGRANIČENJA ALGORITMA	67



4.2	OPIS ALGORITMA PO FAZAMA	67
4.2.1	Faza I.....	67
4.2.2	Faza II	68
4.2.3	Faza III.....	68
4.2.4	Faza IV.....	77
4.3	ZAKLJUČAK	82
5.	PRIMENA ALGORITMA I DISKUSIJA.....	83
5.1	UVOD.....	83
5.2	ANALIZA PRISTUPNIH ULICA	83
5.2.1	Baštenska ulica.....	83
5.2.2	Ulica Jablaničkog odreda.....	87
5.2.3	Ulica Lazara Trifunovića	91
5.2.4	Ulica Maksima Gorkog.....	95
5.2.5	Ulica Kapetana Srbojuba Bihića.....	97
5.2.6	Ulica Save Kovačevića	101
5.2.7	Ulica Vojvode Vuka	105
5.2.8	Fruškogorska ulica	107
5.2.9	Ulica 9. brigade.....	111
5.2.10	Ulica Sestre Baković.....	115
5.2.11	Ćurlinska ulica	119
5.2.12	Limska ulica.....	123
5.2.13	Ulica Nevena.....	125
5.2.14	Ulica Franca Vintera	129
5.3	ANALIZA SABIRNIH ULICA.....	132
5.3.1	Analiza Ulice Dušana Trivunca	132
5.3.2	Analiza ulice Jug Bogdana.....	136
5.3.3	Geteova ulica	141
5.3.4	Ulica Bete Vukanovića	146
5.3.5	Hajduk Veljkova ulica	150
5.4	ANALIZA MAGISTALNIH ULICA.....	154
5.4.1	Analiza Dušanove ulice	154
5.4.2	Bulevar Heroja sa Košara	158
5.5	DISKUSIJA.....	161



6. Zaključak	163
7. LITERATURA, LISTA SLIKA I LISTA TABELA KORIŠĆENIH U DISERTACIJI	166
8. PRILOZI	175
BIOGRAFIJA AUTORA	239
IZJAVA O AUTORSTVU	240
IZJAVA O ISTOVETNOSTI ELEKTRONSKOG I ŠTAMPANOG OBLIKA DOKTORSKE DISERTACIJE	241
IZJAVA O KORIŠĆENJU	242



1. UVOD

1.1 Predmet rada

Životna sredina u urbanim područjima predstavlja jedan jako složen ekosistem. Njegova složenost ogleda se u uticaju različitih faktora, kako prirodnih tako i veštačkih. Najznačajniji veštački faktor jeste uticaj čoveka. On može biti direktan i indirektan, i može značajno uticati na mnoge uslove kao što su mikroklima, kvalitet vode, kvalitet vazduha itd. S obzirom na to da su klimatske promene sve izraženije, potrebno je težiti ka održivim vidovima upotrebe energije. Održiva mobilnost podrazumeva strateški pomak ka smanjenju zavisnosti od automobila i promociju alternativnih vidova energije [1]. Glavni uzrok svih klimatskih promena jeste pojava efekta staklene bašte. Efekat staklene bašte izaziva povećana koncentracija gasova ugljen-dioksida (CO_2), ugljen-monoksida (CO), metana (CH_4) i azot-oksida (N_2O). Vozila koja za pogon koriste fosilna goriva imaju značajan uticaj na koncentraciju pomenutih gasova, na klimu i mikroklimu jedne urbane sredine. Osim navedenih klimatskih promena, imaju značajan uticaj na zdravlje ljudi. Iz navedenih razloga potrebno je težiti ka održivim i ekološki prihvatljivim merama i rešenjima transporta. Zavisnost od automobila predstavlja jednu od ključnih prepreka održivosti u gradovima [2]. Cilj ovog rada jeste formiranje alata koji bi doprineo prilikom projektovanja biciklističke infrastrukture i prilikom donošenja odluka [3], u cilju promocije biciklizma kao održivog vida transporta u urbanim sredinama [4]. Kako bi biciklizam bio atraktivan vid kretanja neophodno je građanima obezbediti udobnu i bezbednu infrastrukturu [5]. Bezbednost biciklista je direktno povezana sa tipom biciklističke infrastrukture [6]. Pod pojmom biciklističke infrastrukture podrazumeva se:

- Površine za kretanje biciklista,
- Biciklistička parkirališta,
- Sistemi iznajmljivanja bicikala.

Povećanje broja stanovnika u gradovima dovelo je do različitih problema, kao što su saobraćajne gužve, veće vreme putovanja, manjak parking mesta itd. Sve češće zagušenje i ograničeni prostor u urbanim sredinama predstavljaju motivaciju za razvoj urbane mobilnosti [7]. Takođe, već formirane urbane sredine uglavnom imaju ograničen slobodni profil ulica, zbog prisustva već postojećih objekata [8]. Ovaj rad bavi se problemom pozicioniranja površine za kretanje biciklista u okviru postojećeg slobodnog profila ulice. S obzirom na to da postoji više faktora koji mogu uticati na izbor i tip biciklističke površine, a u cilju bezbednog i ekonomičnog rešenja, napravljen je algoritam koji će biti predstavljen i testiran u ovom radu.



Testiranje algoritma biće vršeno na gradskim saobraćajnicama grada Niša. Analiza obuhvata magistralne, sabirne i pristupne saobraćajnice. Algoritam uzima u obzir geometrijske i saobraćajne karakteristike ulica, analizira ih i daje predlog rešenja. Kod geometrijskih karakteristika analizira horizontalnu i vertikalnu geometriju saobraćajnice, ali i geometriju poprečnog profila. Kod saobraćajnih karakteristika ulice uzima u obzir način odvijanja saobraćaja, računsku brzinu i saobraćajno opterećenje. Takođe, analizira i pojedine specifičnosti određenih kategorija gradskih saobraćajnica. Mnogi gradovi u Srbiji imaju dosta potencijala za razvoj mreže površina za kretanje biciklista u okviru već postojeće saobraćajne mreže. Prema tome, pomenuti algoritam može se razviti i primenjivati prilikom izrade planskih dokumenata, ali i prilikom donošenja odluka o prelasku na održive vidove transporta, kao što je biciklizam.

1.2 Osnovna polazišta - hipoteze

Osnovna hipoteza ovog rada glasi:

Mogućnost inkorporiranja biciklističke infrastrukture u okviru postojeće saobraćajne mreže grada je vrlo velika, zbog čega postoji potreba za analizom geometrijskih i saobraćajnih elemenata gradskih saobraćajnica, za gradove do 250.000 stanovnika.

Prva pomoćna hipoteza glasi:

Dimenzije geometrijskih elemenata situacionog plana, uzdužnog i poprečnog profila, kao i intenzitet saobraćajnog opterećenja direktno utiču na mogućnost pozicioniranja i odabira tipa biciklističkih površina.

Druga pomoćna hipoteza glasi:

Primenom algoritma, za pozicioniranje biciklističkih površina u okviru postojećeg profila gradske saobraćajnice, mogu se analizirati postojeće gradske saobraćajnice i odrediti pozicija i tip površina za odvijanje biciklističkog saobraćaja.

1.3 Ciljevi istraživanja

Cilj ovog istraživanja predstavlja razvoj algoritma za pozicioniranje biciklističkih površina u okviru postojećih gradskih saobraćajnica. Potreba za ovakvim istraživanjem javlja se u cilju poboljšanja održive mobilnosti i bezbednosti biciklističkog saobraćaja u urbanim sredinama. Glavni cilj jeste da se, na osnovu preciznih ulaznih podataka, definiše optimalan tip i pozicija biciklističke infrastrukture. Algoritam će biti po strukturi podeljen u više faza koje detaljno analiziraju unete podatke o saobraćajnici u zavisnosti od kategorije, i to: pristupne, sabirne i magistralne. Dodatni cilj istraživanja biće uvođenje i primena preciznih kriterijuma

koji su zasnovani na važećim propisima i standardima. Radi povećanja bezbednosti biciklista, algoritam će težiti fizičkom odvajanju biciklističkog saobraćaja od saobraćaja motornih vozila. Takođe, algoritam će biti koncipiran tako da predviđa različite scenarije i da daje preporuke čak i kada nije moguće naći optimalno rešenje. Cilj ovog rada jeste i da se kreira alat koji se može primeniti prilikom urbanističkog planiranja, ali i u urbanim sredinama koje su već izgrađene. U okviru istraživanja biće testirane različite kategorije ulica u cilju potvrde rada algoritma. Istraživanje ima i praktičan cilj koji omogućava inženjerima primenu alata koji može brzo i precizno da predloži položaj biciklističke površine. Takođe, cilj istraživanja je i da se obezbedi primena razvijenog algoritma u različitim gradskim uslovima, uz poštovanje unapred zadatih uslova. Još jedan od ciljeva jeste i uvođenje logičkog toka, koji bi kasnije mogao da se primeni za razvoj različitih softverskih alata.

Algoritam će imati razvijene faze koje će biti međusobno povezane, ali će imati i tu slobodu korigovanja ili odbacivanja preliminarog rešenja prethodne faze. Razvijen model će se primenjivati i u fazi planiranja i u fazi rekonstrukcije gradskih saobraćajnica. On će biti usklađen sa pravilima i uslovima koji se mogu prilagoditi lokalnim urbanističkim pravilima. Konačni cilj istraživanja jeste povećanje inkluzije i bezbednosti biciklista, ali i prilagođavanje postojeće infrastrukture drugim vidovima kretanja.

1.3. Pregled rada po poglavljima

U prvom poglavlju ovog rada predstavljen je izučavani problem smeštanja biciklističke infrastrukture u okviru postojećeg profila ulice. Opisan je sve aktuelniji problem zagađenja vazduha i potreba za prelaskom na održive vidove kretanja. Definisana je jedna glavna hipoteza i dve pomoćne. Na kraju prvog poglavlja definisani su ciljevi istraživanja i rezime disertacije.

U drugom poglavlju analizirani su priručnici za projektovanje biciklističke infrastrukture i to za Republiku Srbiju i za Republiku Bosnu i Hercegovinu. Definisani su tehnički elementi kao što su biciklističke površine (trake, staze i putevi), širina zaštitne trake, ukrštanje sa drugim vidovima saobraćaja i kriterijumi za izbor tipa biciklističke površine u zavisnosti od brzine i gustine saobraćaja motornih vozila. Takođe, u ovom poglavlju prikupljeni su svi neophodni podaci za izradu algoritma. Predstavljeni su granični elementi horizontalnih i vertikalnih krivina, vrednosti podužnih nagiba, kao i brojnih faktora koji mogu uticati na poziciju biciklističke infrastrukture.

U trećem poglavlju sprovedena je analiza domaćih i stranih naučnih radova iz oblasti projektovanja biciklističke infrastrukture u urbanim sredinama. Analizirani su radovi koji



primenjuju pre svega algoritamski pristup rešavanja opisanog problema, kao i radovi koji primenjuju analizu GIS podataka i matematički pristup.

U četvrtom poglavlju detaljno je opisan razvijen algoritam za određivanje optimalne pozicije biciklističkih površina u okviru postojećeg profila gradskih saobraćajnica. Algoritma je podeljen u pet faza koje se bave unosom podataka, klasifikacijom saobraćajnice, analizom geometrijskih elemenata poprečnog profila, analizom računске brzine i saobraćajnog protoka i analizom vertikalne i horizontalne geometrije saobraćajnice. Svaka kategorija saobraćajnice (pristupna, sabirna i magistralna) ima zasebnu podfazu koja detaljno analizira specifičnosti određenog tipa gradske saobraćajnice.

U petom poglavlju izvršeno je testiranje algoritma na konkretnim saobraćajnicama. Analizirana je 21 gradska saobraćajnica grada Niša. Za svaku saobraćajnicu prikupljeni su odgovarajući ulazni podaci o geometriji i saobraćaju. Na osnovu ulaznih podataka algoritam je davao predloge tipa i pozicije biciklističke površine. U ovom poglavlju potvrđena je funkcionalnost algoritma, sposobnost prepoznavanja tipa i mogućnosti analizirane infrastrukture, kao i mogućnost primene prilikom planiranja novih i rekonstrukcije postojećih gradskih saobraćajnica.

U šestom poglavlju izvedeni su konačni zaključci i potvrde postavljenih hipoteza, na osnovu dobijenih rezultata rada algoritma. U ovom poglavlju navedeni su ključni rezultati i naučni doprinosi razvojem i primenom algoritma za pozicioniranje biciklističkih površina u okviru postojećeg profila gradskih saobraćajnica. Na kraju poglavlja navedene su smernice daljeg istraživanja i unapređenja formiranog algoritma.

U sedmom poglavlju navedena je sva korišćena literatura, dok su u poglavlju osam prikazani svi grafički prilozi neophodni za sprovedeno istraživanje.

U osmom poglavlju biće priloženi svi grafički prilozi korišćeni tokom istraživanja.

2. PREGLED LITERATRE

2.1 Uvod

U ovom poglavlju biće razmatrani radovi iz oblasti projektovanja biciklističke infrastrukture. Potrebno je napomenuti da je ova oblast delimično istražena, ali i da je vrlo aktuelna. Zbog sve prisutnijeg problema klimatskih promena, postoji težnja na globalnom nivou za održivim i ekološki prihvatljivim vidovima transporta.

2.2 Analiza naučnih radova

Autori rada [9] prikazali su pregled i analizu razvoja i stanja biciklističkih površina na teritoriji Republike Poljske, sa posebnim osvrtom na grad Krakov, i predložili metodologije za procenu najvažnijih faktora koji utiču na razvoj biciklističke infrastrukture. U radu [9] analiziraju se važeće inicijative i strategije u Poljskoj i upoređuju se sa strategijama razvoja Ministarstva transporta, kao i sa merama Vlade. Osnovni problemi biciklističkih površina u Krakovu su sledeći:

- Biciklističke staze zahtevaju rekonstrukciju
- Nedostaje kontinuirani razvoj biciklističke infrastrukture
- Pojava uskih i potencionalno opasnih biciklističkih traka na jednosmernim ulicama
- Biciklističke i pešačke staze nisu odvojene ivičnjakom.

Slika 2.1 i slika 2.2 bliže predstavljaju navedene probleme.



Slika 2.1 Uske biciklističke trake na jednosmernim ulicama [9]



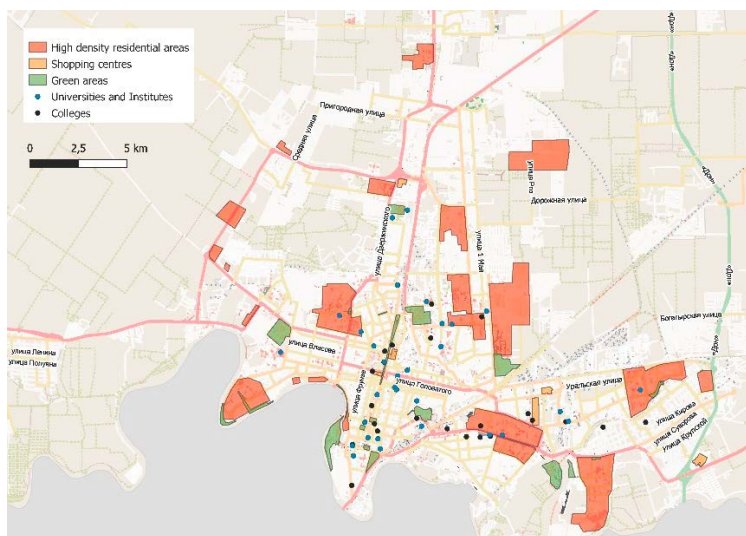
Slika 2.2 Potreba za renoviranjem biciklističkih površina [9]

Analizirani problemi obuhvataju sigurnosne rizike, nepotpune mreže biciklističkih površina i promenu ponašanja u cilju podsticanja biciklizma i razvoja biciklističke infrastrukture. U radu [9] primenjivana je DEMATEL metodologija koja služi kao alat za analizu složenih mreža međuzavisnih biciklističkih površina. U cilju identifikacije važnih faktora, kao i njihovih međusobnih odnosa, detaljno je opisana primena pomenute metodologije kroz anketiranje i prikupljanje povratnih informacija. Posebnu važnost predstavlja sposobnost DEMATEL metodologije, koja uzima u obzir fizičke i nematerijalne faktore u procesima donošenja odluka. Dodatni doprinos značaju i originalnosti ove studije predstavlja činjenica da se, u kontekstu razvoja biciklističke infrastrukture, primeni DEMATEL metodologije se posvećuje vrlo malo pažnje. Sveobuhvatnim razmatranjem mogućnosti i problema autori rada [9] predstavljaju predloženu metodologiju za analizu ključnih faktora, kao i potrebu za održivim planiranjem saobraćaja u urbanim sredinama.

Autori rada [10] razmatrali su probleme i mogućnosti razvoja mreže biciklističkih površina u naseljima sa slabo razvijenom infrastrukturom. Zbog nedostatka optimalnih tehničkih rešenja za planiranje mreže biciklističkih površina posebna pažnja je posvećena analizi nepoznatog stepena korišćenja i efikasnosti mreže. U cilju rešavanja pomenutog problema autori rada [10] predlažu pristup koji omogućava analizu i predviđanje odnosa i lokacija koje privlače stanovništvo i onih koje ga “apsorbuju”. Na osnovu teoretski formirane mreže ruta, koja povezuje pomenute tačke gravitiranja stanovništva, moguće je planirati glavne

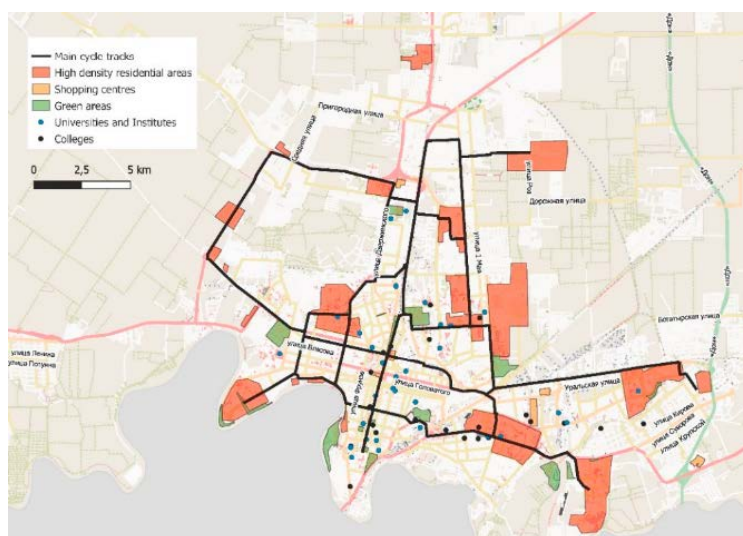
deonice biciklističkih površina duž najkraćih i najefikasnijih gradskih saobraćajnica u okviru postojeće saobraćajne mreže grada.

U istraživanju su korišćeni podaci o objektima koji privlače populaciju grada i podaci o saobraćajnoj mreži kao što je prikazano na slici 2.3.



Slika 2.3 Objekti u gradskom jezgru ka kojima građani gravitiraju [10]

Primenom geografskog informacionog sistema QGIS precizno su obeleženi objekti na karti grada Krasnodara, a gradske saobraćajnice klasifikovane su prema gustini saobraćajnih mreža. Na osnovu prikupljenih podataka definisano je preliminarno rešenje glavnih biciklističkih staza i potom je razvijena optimizovana verzija biciklističke mreže sa određenim izmenama koje su doprinele njenoj efikasnosti i skraćanju ukupne dužine kretanja, kao što je prikazano na slici 2.4.

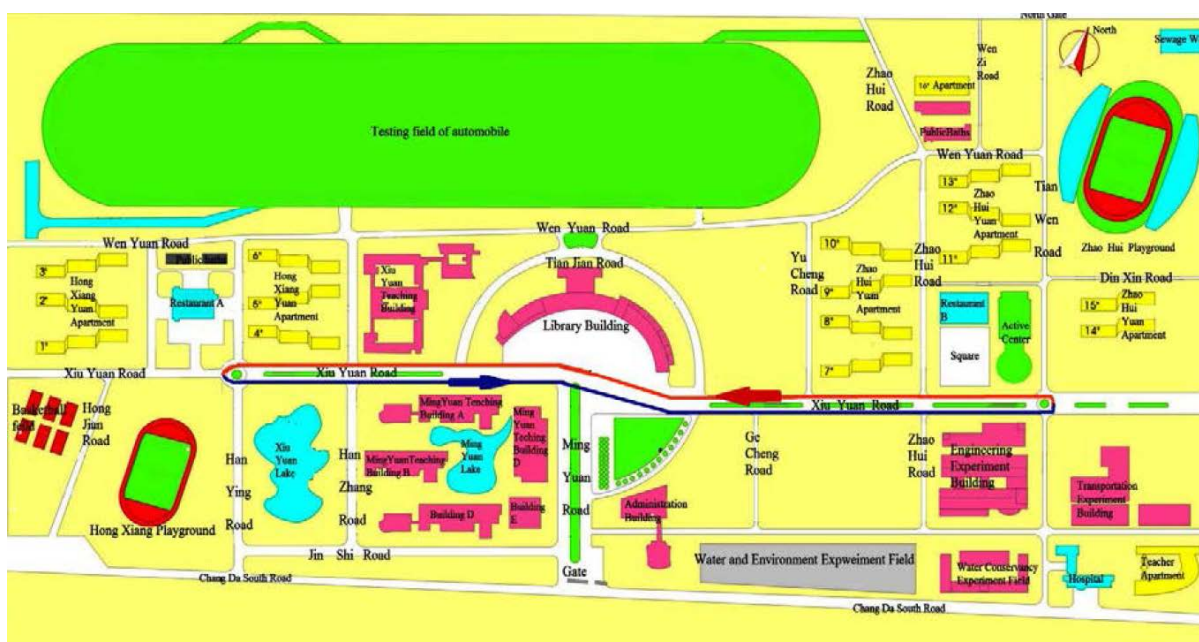


Slika 2.4 Položaj glavnih biciklističkih staza [10]

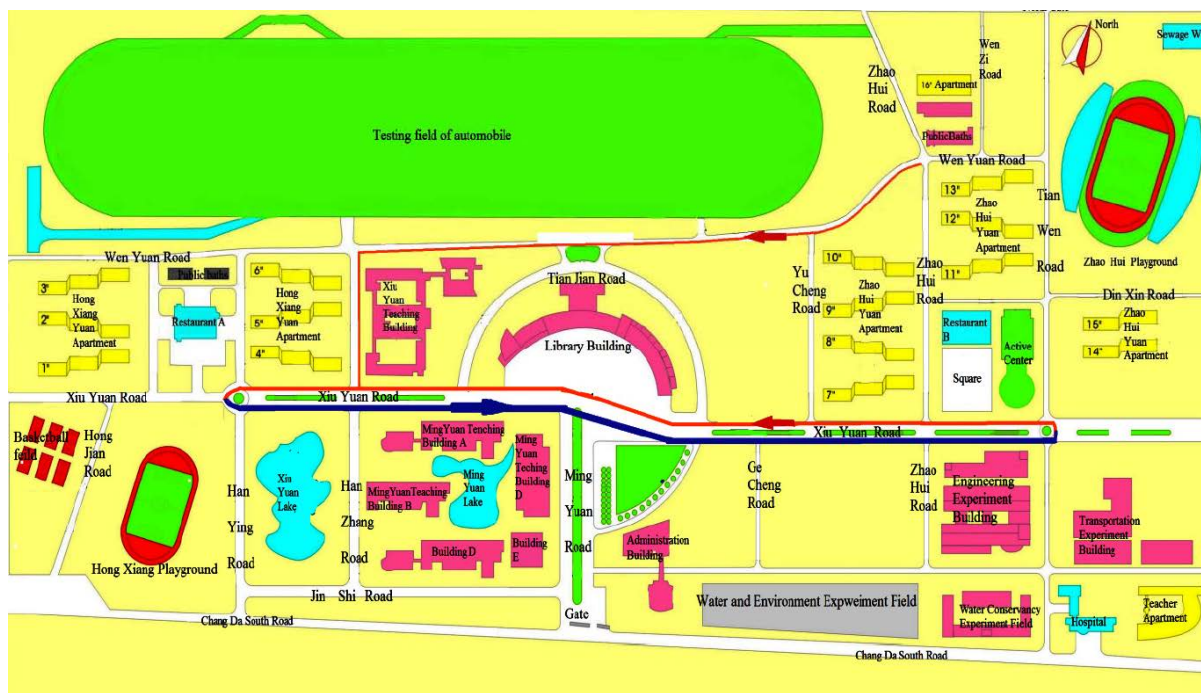
Pored toga, analizirana je prosečna brzina kretanja biciklista u gradskim uslovima, a ovi podaci korišćeni su za procenu vremena potrebnog za putovanje različitim rutama.

Autori rada [11] analiziraju planiranje položaja biciklističkih površina unutar univerzitetskikh kampusa, a kao studiju slučaja razmatraju kampus Univerziteta Chang'an. Autori su analizirali više predloga i naglasili da je veoma važno pozicionirati biciklističke površine koje odgovaraju ne samo potrebama biciklista, već su i skladno uklopljene u celokupni saobraćajni sistem kampusa. U cilju ocene kvaliteta pozicije planiranih biciklističkih površina, autori su razvili indeksni sistem, a za čiju primenu su koristili TOPSIS metodu objektivne evaluacije. Primena ove metode im je omogućila detaljnu analizu predloženih planova kao i utvrđivanje njihovih prednosti i nedostataka. U istraživanju rada [11] primenjen je pomenuti pristup na dva konkretna saobraćajna rešenja kampusa, a rezultati su pokazali da se primenom TOPSIS metode i razvijenog evaluacionog sistema pruža objektivna slika o efikasnosti različitih rešenja.

Na slikama 2.5 i 2.6 prikazane su dve varijante planiranja biciklističkih staza za kampus Wei'shui. Njihova kvalitativna procena zasniva se na više kriterijuma, poput brzine kretanja biciklista, učestalosti nesreća, kvaliteta puteva i pokrivenosti senkom. Analiza rezultata rada [12] pokazala je da drugo rešenje nudi bolje uslove u pogledu brzine kretanja i kvaliteta saobraćajnih površina, ali je povezano s većim brojem nesreća i zauzima veću površinu u odnosu na prvo rešenje.



Slika 2.5 Prvo potencijalno rešenje Topsis metodom [11]



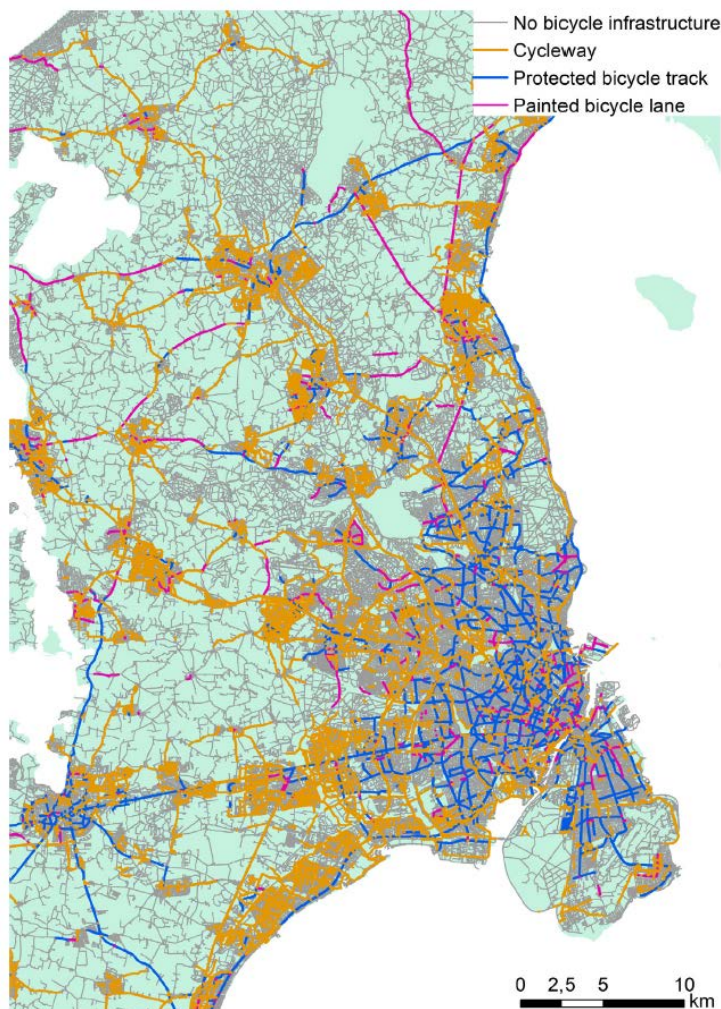
Slika 2.6 Drugo potencijalno rešenje Topsis metodom [11]

Prilikom kreiranja sistema za procenu položaja biciklističkih površina, autori su se vodili opštim principima evaluacije projekata, ali su uzeli u obzir i specifičnosti analiziranog kampusa. Predloženi sistem mora biti naučno zasnovan, objektivan i sveobuhvatan, da bi mogao osigurati objektivnu i preciznu analizu planova. Ključni principi na kojima je pomenuti sistem zasnovan su:

- Naučna utemeljenost
- Mogućnost kvantitativnog merenja
- Dinamično uporedivo
- Praktična primeljivost

Cilj ovog sistema je da uzme u obzir potrebe svih korisnika saobraćaja i da olakša donošenje odluka prilikom planiranja biciklističkih površina na univerzitetskim kampusima.

Autori rada [12] analiziraju ponašanje biciklista prilikom odabira optimalne rute sa ciljem promovisanja biciklizma, kao vida održivog transporta. Analiza je zasnovana na velikom broju GPS podataka koji predstavljaju trajektorije kretanja biciklista u Kopenhagenu (slika 2.7). Ovi podaci obuhvataju 134.169 putovanja 6.523 biciklista.



Slika 2.7 Biciklistička infrastruktura u Kopenhagenu [12]

U radu [12] korišćena je logistička regresija kako bi se analizirali različiti faktori koji utiču na izbor biciklističke rute. Ključni faktori analizirani u istraživanju [12] su tip biciklističke infrastrukture, način korišćenja zemljišta, vrsta podloge i prisustvo specijalnih biciklističkih staza [13]. Rezultati pokazuju da velike saobraćajnice mogu predstavljati prepreku za bicikliste, ali da se taj negativni efekat može umanjiti postavljanjem zaštićenih biciklističkih staza.

Rezultati istraživanja pokazuju da biciklisti više vole prirodna i zelena okruženja u odnosu na urbane sredine, posebno kada su u pitanju duža putovanja. Takođe, u istraživanju je naglašeno da je važno razumeti ponašanje biciklista da bi se biciklizam promovisao kao ekološki prihvatljiv, održiv i zdrav način prevoza.

Osim navedenih faktora, u radu [12] analizirana je i učestalost korišćenja bicikala i dužine trajektorije kretanja. Metodologija primenjena u radu [12] vrši obradu GPS podataka, mapiranje ruta na biciklističkoj mreži, generisanje različitih mogućih ruta i finalno modeliranje rute na koju se biciklisti opredele. Primenom statističkih metoda i naprednih tehnika analize podataka autori su uspeli da identifikuju ključne faktore koji utiču na izbor biciklističkih ruta, što podrazumeva vrstu infrastrukture, tipove podloga i karakteristike okruženja. Dobijeni rezultati pružaju važan i objektivnan uvid u način odlučivanja biciklista i mogu se koristiti kao osnova za kreiranje sistema koji bi unapredio biciklističku infrastrukturu i podstakao veće korišćenje bicikla kao prevoznog sredstva.

Autori rada [14] analiziraju mogućnost doprinosa biciklizma urbanom i transportnom planiranju, a polazeći od činjenice da je ovaj vid transporta pristupačan, ekološki efikasan, ne zahteva puno prostora i predstavlja zdrav i održiv alternativni vid prevoza. Promocija biciklizma dugoročno može imati vrlo značajnu ulogu u smanjenju klimatskih promena, poboljšanju kvaliteta života u gradovima i rasterećenju putne mreže posebno u urbanim sredinama koje su prostorno ograničene.

Tokom pandemije COVID-19 primećen je rast intenziteta biciklističkog saobraćaja. Na osnovu ove činjenice autori rada [14] predlažu metodologiju za određivanje lokacija koje bi poboljšale biciklističku infrastrukturu. Oni koriste podatke i analizu modela biciklističke mreže Pariza kao studiju slučaja.

Analizirani su različiti tipovi biciklističkih površina, uključujući odvojene biciklističke staze, biciklističke trake, označene staze na kolovozu i ulice gde se biciklisti kreću zajedno s motornim vozilima. Svi navedeni tipovi infrastrukture prikazani su na slici 2.8.



Slika 2.8 Tipovi biciklističkih površina u Parizu [14]



Autori rada [14] ocenjuju prikladnost biciklističkih površina u odnosu na pojedine ulične segmente kao i razvijenosti biciklističke infrastrukture na nivou celog grada. Metodologija koja se koristi u istraživanju uključuje tri glavna koraka:

- obradu podataka,
- analiziranje biciklističke prikladnosti i
- izračunavanje stepena razvijenosti biciklističke infrastrukture.

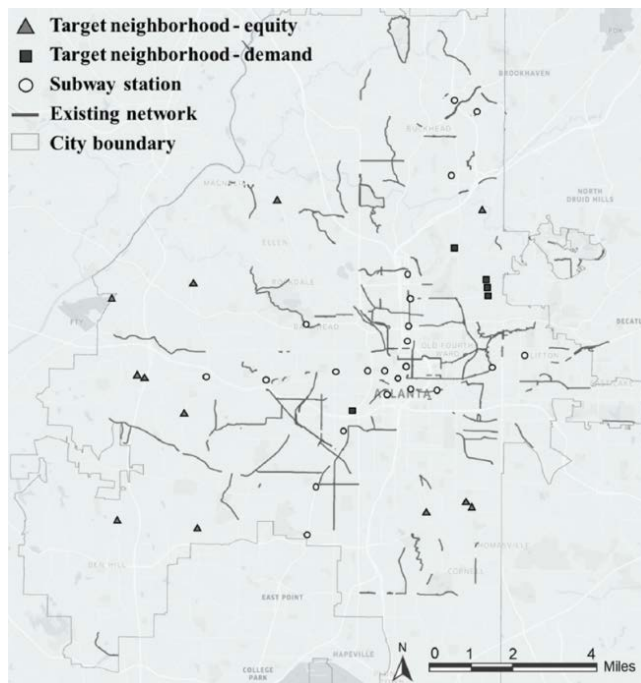
Primenom navedenih koraka autori prikazuju mogućnost primene dostupnih podataka u cilju karakterizacije biciklističkih površina i unapredjenja celokupne biciklističke mreže grada. Rezultati istraživanja pokazuju da je Pariz napredovao u unapređenju biciklističke mreže, ali postoje i područja gde je potrebno dodatno unapređenje. Analiza biciklističke prikladnosti prikazuje da su područja sa niskom ocenom uglavnom koncentrisana u severozapadnom delu Pariza. analizom rezultata istraživanja [14], autori su potvrdili da njihova metodologija pruža pouzdane rezultate u proceni biciklističke prikladnosti i ocene biciklističke mreže, ali postoje i određena ograničenja. Ova ograničenja predstavljaju nedostatak uključivanja raskrsnica i kvaliteta gradske putne infrastrukture, kao i nepostojanje podataka o saobraćajnim tokovima.

Autori rada [15] analiziraju razvoj biciklističke mreže u američkim gradovima, sa ciljem da se postojeće biciklističke trake mogu efikasnije povezati u jedinstvenu i funkcionalnu mrežu, (slika 2.9). U radu [15] je razvijen i primenjen algoritam koji bi omogućio postepeno povezivanje biciklističkih površina, formirajući mrežu koja olakšava kretanje biciklista i poboljšava povezanost sa drugim oblicima prevoza.

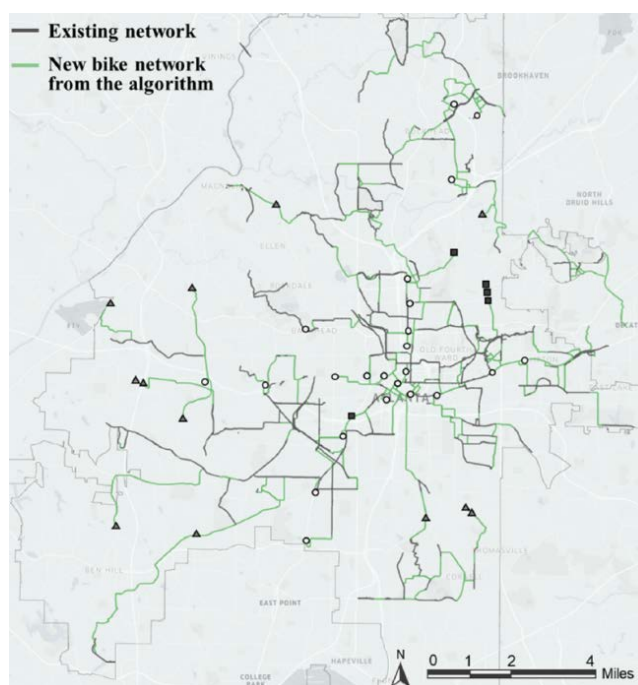
Biciklistička mreža treba biti uskladjena sa rutama javnog prevoza i bolje povezana lokacijama na kojima se nalaze stanice metroa, čime se povećava potencijal za razvoj pojedinih delova mreže u takozvane „kompletne ulice“. Algoritam koji analizira i kreira ovu mrežu zasniva se na sledećim principima:

- promocija multimodalnih puteva,
- povezivanje ključnih tačaka interesa (POI),
- povezanost sa područjima sa visokom stambenom i komercijalnom gustinom,
- povezivanje marginalizovanih delova grada,
- davanje većeg prioriteta ulicama sa niskim intenzitetom saobraćaja.

Na osnovu analiziranih podataka u radu [15] algoritam generiše potpuno povezanu biciklističku mrežu, koristeći postojeće biciklističke površine, kao i lokaciju ključnih tačaka ka kojima gravitira veći broj ljudi što je prikazano na slici 2.10.



Slika 2.9 Postojeća biciklistička infrastruktura (input algoritma) [15]



Slika 2.10 Algoritmom generisana biciklistička infrastruktura [15]



Analizom geometrijskih i saobraćajnih karakteristika, generisana biciklistička mreža pokazuje da je algoritam predložio rešenje koje je vrlo slično postojećoj planiranoj mreži, ali sa manjom dužinom deonice.

Obe generisane mreže pokazuju poboljšane karakteristike u odnosu na postojeću mrežu, jer imaju manju dužinu mreže pa je i manji prosečan napor tokom vožnje bicikla.

Takodje, algoritam predlaže konkretne smernice za proširenje biciklističke mreže, u skladu sa potrebama lokalnog stanovništva (slika 2.10). Ovaj pragmatičan pristup analize biciklističke mreže omogućava integraciju biciklističkih površina u već postojeće urbane celine, čime se osigurava bolji pristup biciklističkoj infrastrukturi i unapredjenje urbane mobilnosti.

Autori rada [16] istražuju kako da istovremeno modeliraju mrežu automobilske, autobuske i biciklističke saobraćaje, u cilju optimizacije mreže biciklističkih površina i kako bi stvorili efikasniji i održivi transportni sistem. Primenom matematičkog bi-level programiranja razvijen je model koji vrši kombinaciju i raspodelu različitih načina transporta i formira mrežu za sve tri vrste navedenog prevoza. Konačni cilj autora rada [16] jeste da se dizajn biciklističkih površina optimizuje tako da se za svaku ulicu odredi koji tip biciklističkih površina najviše odgovara. U pomenutom matematičkom modelu razmatrane su tri vrste biciklističkih površina:

- segregirane,
- nesegregirane i
- ulice bez površina namenjenih biciklistima.

Kriterijumi modela su definisani tako da bi došlo do uključenja što većeg broja biciklista u saobraćaj.

Formirani matematički model primenjen je na grad Santadera i pokazao je da optimalno pozicioniranje biciklističkih površina može značajno povećati broj biciklista. Takodje, praktična primena ovog modela je uspela da se odrazi na ponašanje korisnika biciklističkog saobraćajnog sistema. Primenom pomenutog modela identifikuju se najbolje lokacije za pozicioniranje biciklističkih površina uzimajući u obzir specifičnosti urbanih područja.

Rezultati rada [16] pokazuju da se pravilnim planiranjem biciklističke saobraćajne mreže, a uzimajući u obzir i ostale učesnike u saobraćaju, može poboljšati mobilnost u gradovima kao i doprineti smanjenju konflikata između biciklista i motornih vozila. Na slici 2.11 prikazano je predloženo rešenje optimizacije biciklističke mreže primenom bi-level matematičkog programiranja.



Slika 2.11 Predložena optimizacija biciklističke infrastrukture primenom bi-level matematičkog programiranja [16]

Primenjena analiza u radu [16] takodje ukazuje da promene u algoritmu optimizacije mogu ubrzati određene procese odlučivanja bez značajnog gubitka u kvalitetu rešenja. Primenom matematičkog modela može se značajno povećati broj korisnika bicikala, što može pozitivno uticati na smanjenje zagađenja i unapredjenje održive mobilnosti. Takodje, autori naglašavaju da je veoma važno pravilno planirati biciklističku saobraćajnu mrežu, jer je ona ključni faktor za promociju biciklističkog saobraćaja u urbanim sredinama.

Autori rada [17] analiziraju značaj razvijenosti i položaja biciklističke infrastrukture u urbanim sredinama posebno uzimajući u obzir uticaj sve popularnijeg sistema deljenja bicikala, kao što su Mobike i Ofo u kineskim gradovima. Iako su pomenuti sistemi omogućili brže i lakše kretanje po gradu, takodje su i ukazali na nedostatak postojeće biciklističke infrastrukture. Autori rada [17] analizirali su kako se biciklisti kreću u različitim delovima grada primenom napredne Louvain metode. Analiza je primenjena posebno u okruženjima univerziteta i u gradskim zonama sa velikom gustom naseljenosti. Primenom navedene tehnike analiziran je veliki broj podataka čime su autori uočili određene obrasce biciklističkog kretanja, kao i razvoj biciklističke mreže zavisi od tri ključna faktora:

- uticaja tačaka interesa,
- geografske prepreke,

- privremene varijacije mreže.

Analiza je takodje sprovedena da oceni trenutno stanje biciklističke mreže u gradu Šangaju. Uočeni su nedostaci u povezivanju biciklističke mreže i u njenoj integraciji sa urbanim delovima grada. Autori predlažu mere za optimizaciju sistema deljenja bicikala bez stanica i unapredjenje biciklističke mreže. Pomenute mere podrazumevaju uvođenje elektronskih ograda za parkiranje bicikala, bolju integraciju biciklističke mreže pri izradi urbanističkih planova, formiranje sistema kontrole mobilnosti bicikala, postavljanje određenih zona deljenja bicikala i monitoring saobraćaja na bitnim saobraćajnim tačkama.

Autori rada [[17] zaključuju da je jako bitno dobro povezivanje biciklističke infrastrukture sa urbanim planiranjem i razvojem, kao i uvođenje efikasnijih sistema upravljanja, da bi se odgovorilo sve većoj potražnji za biciklističkim prevozom. Primenom metoda operativnog istraživanja, autori predlažu optimizaciju prilikom projektovanja budućih mreža biciklističkih površina.

Autori rada [18] istražuju koliko je važno uzeti u obzir specifična ponašanja kretanja biciklista i pešaka prilikom projektovanja mreže biciklističkih površina, posebno kada se radi o njihovim geometrijskim elementima. Istraživanje fokusirano na dva tipična slučaja:

- slučaj kada biciklisti voze jedan iza drugog (Case I) i
- slučaj kada voze jedan pored drugog (Case II).

Autori nude nova dizajnerska rešenja koja uzimaju u obzir ova dva slučaja i predstavljaju dodatne projektantske metode kako bi se dopunili trenutni standardi i smernice AASHTO-a. Takođe, ove smernice daju praktičnu primenu procedura prilikom projektovanja geometrije biciklističkih površina. Veoma važan zaključak autora rada [18] jeste da je neophodno osigurati dovoljno prostora za bicikliste i pešake, da bi se obezbedila njihova udobnost i sigurnost – bilo da biciklisti voze jedan iza drugog ili jedan pored drugog. Na ponašanje svih učesnika u saobraćaju značajno utiče širina biciklističkih površina i prisustvo centralne linije kod biciklističkih staza. Konkretno, prisustvo centralne linije podstiče bicikliste da se voze u koloni, što smanjuje rizik od sudara.

U cilju povećanja preglednosti na zahtevana sigurnosna rastojanja i horizontalna proširenja utiču različiti faktori, kao što su brzina kretanja, sposobnosti vozača i pešaka i širina biciklističkih površina.

U radu [18] analiziraju se svi navedeni faktori u slučaju kada biciklisti voze jedan iza drugog i jedan pored drugog. Takodje, analiziraju se i minimalne dužine vertikalnih zaobljenja

sa aspekta zahtevanog sigurnosnog rastojanja sa zasebnom analizom oba navedena slučaja kretanja.

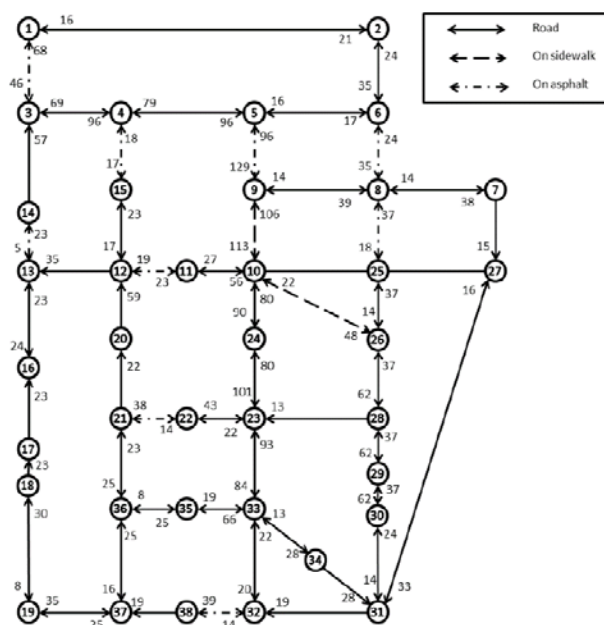
Autori rada [19] istražuju kako optimizovati dizajn biciklističke mreže u urbanim sredinama, uzimajući u obzir i troškove izgradnje i potrebe korisnika. Najbitniji cilj jeste nalaženje načina za smanjenje troškova izgradnje biciklističke mreže, ali da se istovremeno poštuju budžetska ograničenja i ekonomska isplativost izgradnje različitih tipova biciklističkih površina.

U radu je primenjen matematički model kako bi se odredilo koja vrsta biciklističkih površina je najprikladnija za svaku deonicu u mreži gradskih saobraćajnica. Ovaj model uzima u obzir troškove korisnika (vreme i udobnost vožnje) i troškove izgradnje različitih tipova biciklističkih površina. Eksperimenti su sprovedeni na testnoj mreži zasnovanoj na poznatoj saobraćajnoj mreži Sioux Falls, da bi se u praksi testirala efikasnost modela.

Rad takođe analizira različite tipove biciklističkih površina, uključujući:

- biciklističke staze (na trotoaru),
- biciklističke trake (u nivou kolovoza),
- deonice bez biciklističke infrastrukture.

Autori rada [19] različite vrste biciklističkih površina imaju različite troškove i utiču na brzinu kretanja biciklista i na saobraćajni protok na određenoj deonici. Kroz primenu modela na mreži Sioux Falls, autori su došli do optimalnog rešenja koje minimizira troškove korisnicima, ali i zadovoljava zadata ograničenja (slika 2.12).



Slika 2.12 Optimizovano rešenje primenom [19]



Rad [19] pruža korisne smernice za planiranje biciklističke infrastrukture u urbanim područjima i predstavlja korak napred u promovisanju održive mobilnosti u gradovima.

Autori rada [20] predstavljaju matematički modeliran pristup optimalnom dizajniranju bicikliste mreže, sa fokusom na grad Malaga, u Španiji. Glavni cilj istraživanja je kako projektovati efikasnu biciklističku mrežu koja omogućava visoku sigurnost biciklista, a pritom smanjuje udaljenosti koje biciklisti moraju preći između različitih lokacija u gradu. Velika važnost se daje sve većem uključivanju bicikala kao sredstva prevoza i širenje njegove upotrebe među građanima, kao i potreba za efikasnom i sigurnom biciklističkom mrežom radi podrške urbanom kretanju i održivom razvoju.

Autori ukazuju da postoje programi i inicijative za promociju biciklizma, ali da je potrebno optimizovati mrežu biciklističku mrežu u analiziranom gradu. Metodologija rada [20] opisuje matematički model koji koristi programiranje da bi se optimizovao dizajn biciklističke mreže. Primenjuje se Dijkstrinog algoritam čiji je cilj minimiziranje udaljenosti između ključnih tačaka u gradu. Takođe, analizirana su fizička ograničenja gradske infrastrukture, uključujući širinu trotoara i parking zona, kao i faktori bezbednosti, poput gustine saobraćaja. Model se može prilagoditi potrebama biciklista i specifičnim karakteristikama analiziranog grada, a rezultat njegovog rada jesu predložene optimizovane rute kretanja koje mogu unaprediti razvoj biciklističke mreže.

Autori rada [21] istražuju kako povećanje upotrebe bicikala u urbanim sredinama utiče na zdravstvene i ekološke parametre. Da bi se povećala ukupna društvena korist, a uzimajući u obzir ekološke i zdravstvene faktore, potrebno je razviti alate koji će omogućiti projektantu da pronadje optimalan položaj i dizajn biciklističke mreže.

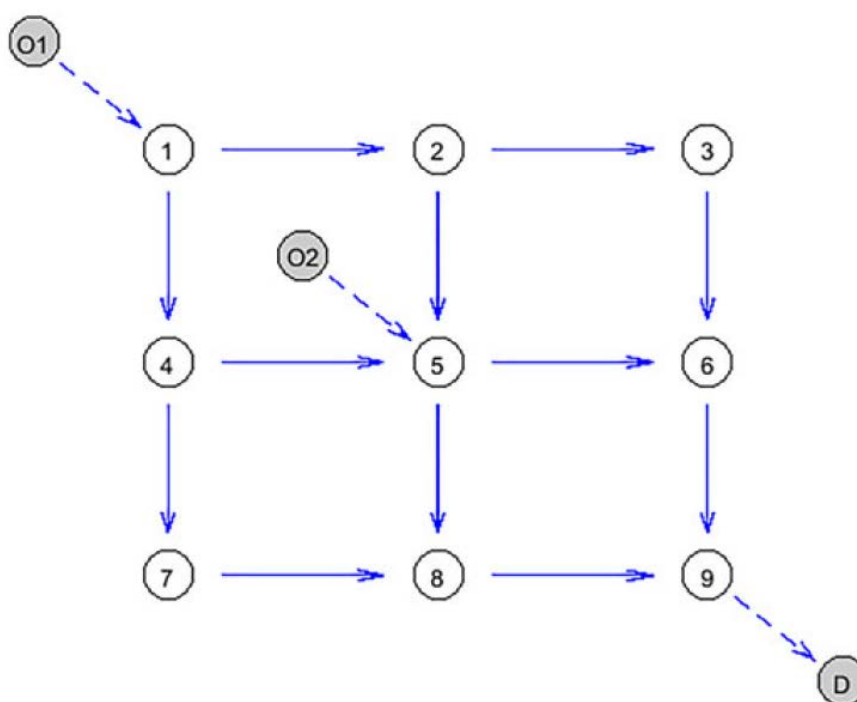
U radu se koristi matematički program sa ekvilibrijskim ograničenjima (MPEC) i genetski algoritam (GA) za rešavanje problema dizajniranja biciklističke mreže. Ova kombinacija omogućava pronalaženje optimalnog ili skoro optimalnog rešenja za pozicioniranje i dizajn biciklističke površina. Ovaj model se testira na numeričkom primeru i pokazuje da genetski algoritam efikasno dolazi do optimalnog ili skoro optimalnog rešenja.

Analiza uticaja položaja i dizajna biciklističke mreže u cilju što veće društvene koristi obuhvata sledeće faktore:

- troškovi izgradnje infrastrukture,
- zdravstveni uticaji fizičke aktivnosti,
- izloženost zagađenju,
- troškovi usled saobraćajnih nesreća i

- troškovi putovanja.

Uključivanjem ovih faktora u analizu, autori procenjuju ukupnu društvenu korist koja se može ostvariti implementacijom određenih infrastrukturnih promena. Numerički primer koji se koristi za testiranje modela obuhvata jednostavnu mrežu sa 9 čvorova i 12 veza. Na slici 2.13 prikazana je testirana mreža.



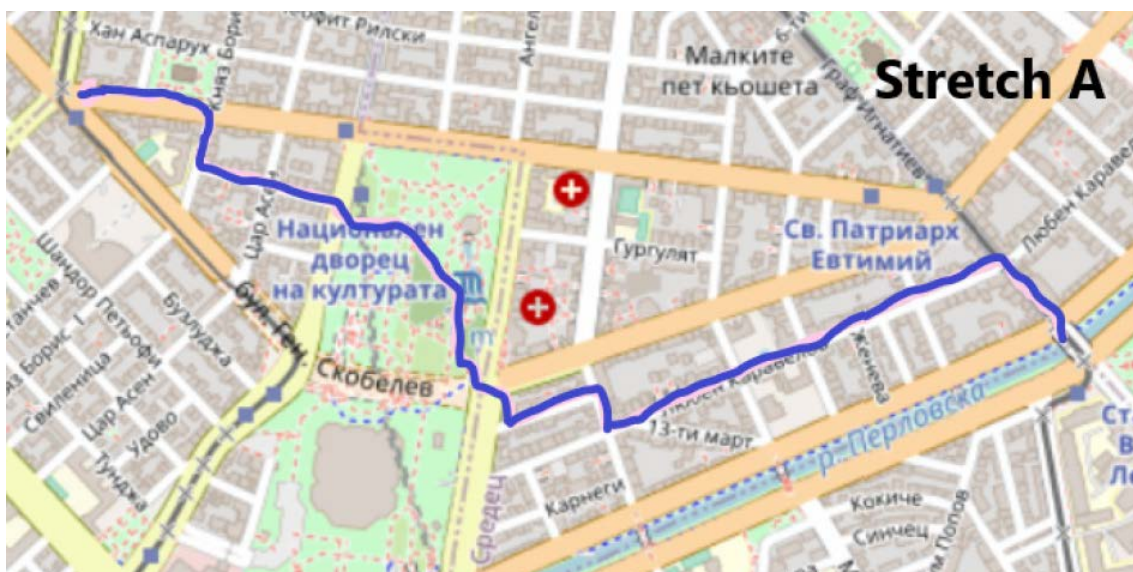
Slika 2.13 Testirana mreža, 9 čvorova i 12 veza [21]

Kroz ovaj primer, autori predstavljaju kako njihov model može identifikovati optimalan položaj i dizajn biciklističke mreže. Rezultati numeričkog primera pokazuju da uvođenje i razvoj mreže biciklističkih površina može značajno povećati opštu društvenu korist.

Autori rada [22] istražuju kako kvalitet vazduha utiče na bicikliste u modernim gradovima, sa posebnim fokusom na Sofiju, glavni grad Bugarske. Oni naglašavaju važnost problema zagađenja vazduha, posebno zbog koncentracije čestica materije (PM) koje štetno utiču na zdravlje. Pomenuti problem nije dovoljno sagledan prilikom analize saobraćajnih tokova i prilikom pozicioniranja i dizajniranja biciklističke mreže. Zbog toga većina biciklističkih površina je pozicionirana na delu prometnih saobraćajnica, izlažući bicikliste dodatnom riziku usled zagađenja vazduha.

Da bi se rešio ovaj problem, autori predstavljaju softverski alat koji koristi eksperimentalne metode za optimizaciju i unapređenje biciklističkih ruta, uzimajući u obzir količinu PM čestica koju biciklisti udišu. Kroz rad se koristi metodologija koja uključuje

proračune ventilacije i doze inhaliranja PM, kao i korišćenje mobilnih i fiksnih senzora za merenje kvaliteta vazduha duž ruta.

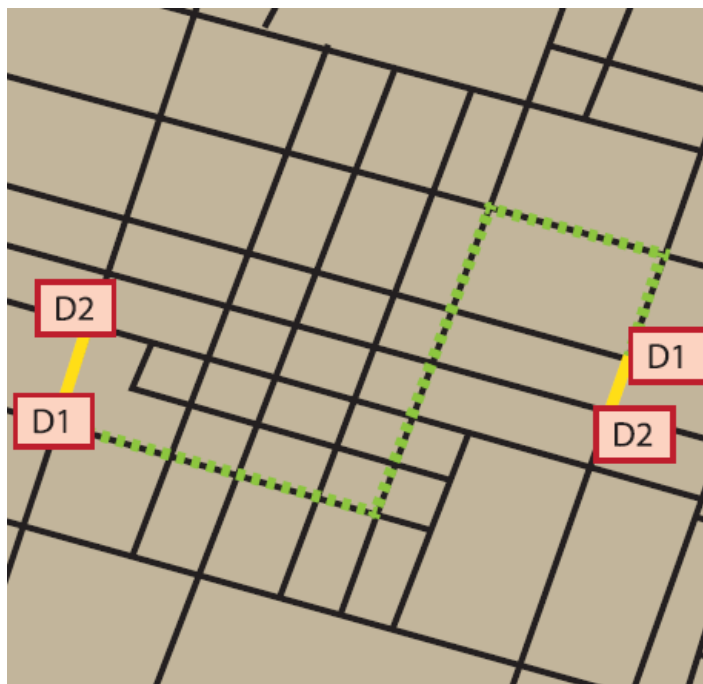


Slika 2.14 Predložena optimizovana biciklistička ruta primenom softverskog alata [22]

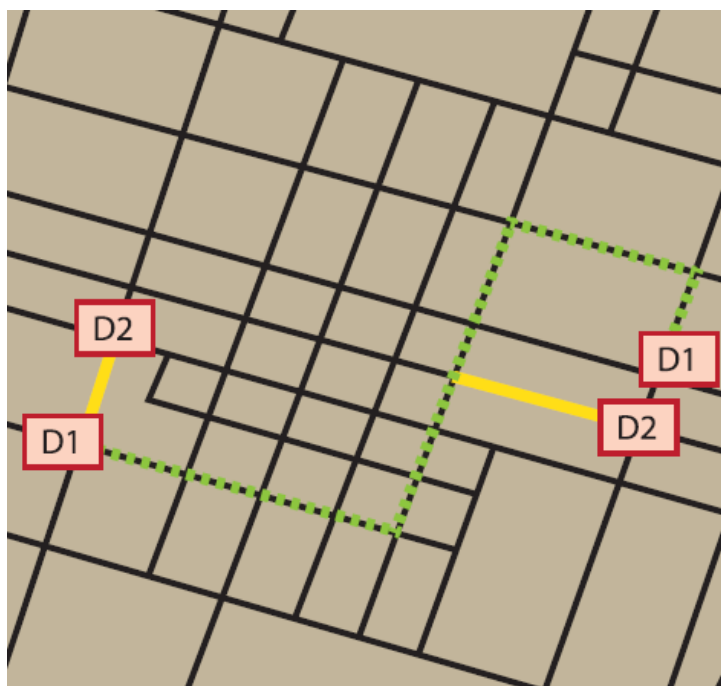
Rezultati rada [22] pokazuju da primenom pomenutog softverskog alata su kreirane optimizovane biciklističke rute, kojima se izbegavaju saobraćajni tokovi sa većim saobraćajnim protokom. Postoji težnja ka preusmeravanju biciklističkog saobraćaja na manje prometne ulice i parkove, čime se značajno smanjuje izloženost biciklista PM zagađenju, kao što je prikazano na slici 2.14, što može doprineti poboljšanju zdravlja biciklista i opšteg kvaliteta života u gradu. Osim toga, autori ukazuju na potrebu za daljim istraživanjima koja bi uključila i druge vrste zagađivača, poput ugljenika i NO₂ emisija, kao i analizu hemijskog sastava PM čestica. U cilju boljeg razumevanja fenomena zagađenja vazduha izazvanog saobraćajem neophodno je uvesti veći broj mobilnih i fiksnih senzora duž gradskih saobraćajnica.

Autori rada [23] istražuju problem dizajniranja biciklističke mreže sa ciljem da se prilagodi postojećoj putnoj infrastrukturi. U cilju smanjenja troškove potrebno je povezati sve parove polaznih i odredišnih tačaka na biciklističkoj mreži koje zadovoljavaju određeni nivo usluge biciklistima. Istraživanje koje je sprovedeno u Austinu, u saveznoj državi Teksas, pokazuje da način na koji se pristupa planiranju biciklističke mreže može uticati na rezultate. Kada se ceo sistem posmatra kao celina može se doći do drugačijih zaključaka nego kada se analiziraju pojedinačne veze između svake početne i krajnje tačke. Potrebno je uzeti u obzir i koliko biciklistička ruta može odstupati od najkraće, jer i taj faktor može značajno uticati na donošenje odluka prilikom dizajniranja i planiranja biciklističke mreže. Parametri modela, iako

su zadati na osnovu postojećih istraživanja, trebali su uzeti u obzir i karakteristike lokalne sredine. Takođe postoje određene varijante koje omogućuju kompromis između optimalnog i isplativog rešenja (slika 2.15 i slika 2.16).



Slika 2.15 Minimalna cena koštanja izrade biciklističke infrastrukture kada su OD (origin-destination) parovi razmatrani zajedno [23]



Slika 2.16 Minimalna cena koštanja izrade biciklističke infrastrukture posebno za svaki OD (origin-destination) par [23]

Problem je definisan kao smanjenje troškova u cilju poboljšanja geometrijskih i saobraćajnih karakteristika saobraćajnica i raskrsnica da bi se stvorile adekvatne rute biciklističkih površina između svakog para polaznih i odredišnih tačaka, a da se pritom ispune određeni kriterijumi uz zadovoljavanje određenih kriterijuma kvaliteta i ograničenja u dužine kretanja biciklista. Formiranje pomenutog rešenja uključuje ograničenja koja obezbeđuju povezanost svakog para polaznih i odredišnih tačaka, ograničavaju dužinu biciklističke mreže i obezbeđuju odgovarajuće poboljšanje u saobraćajnoj infrastrukturi.

Eksperimentalna analiza, na primeru grada Austin (Texas), pokazuje da sistemski pristup rezultovati značajne uštede. Kroz detaljna računsa ispitivanja autori rada [19] istražuju kako se rezultati razlikuju u funkciji nivoa usluge, ograničenja dužine deonice i broja polaznih i odredišnih tačaka koje se razmatraju. U cilju odabira optimalnog varijantnog rešenja biciklističke mreže u daljim istraživanjima potrebno je poboljšati metodologiju prikupljanja podataka na nivou rute.

Autori rada [24] istražuju značaj biciklističke infrastrukture sa aspekta urbanog planiranja i transporta u Sjedinjenim Američkim Državama. Postoji veliki interes gradova za unapređenje dizajna i položaja biciklističkih staza radi promocije biciklizma kao održivog vida transporta. Primećeno je da je postojeća biciklistička mreža sve češće nadogradjivana novim rešenjima kao što su zasebne biciklističke trake na kolovozu i primena obojenih površina. U radu [20] se detaljno analiziraju tri vodeća alata za ocenu efikasnosti biciklističke mreže HCM

BLOS (prema priručniku za kapacitet autoputeva iz 2010. godine), danski BLOS i San Francisco Bicycle Environmental Quality Index (BEQI). Sprovedena analiza uključuje primenu ovih alata na dve primenu inovativnih biciklističkih površina u Vašingtonu, D.C, kao što je prikazano na slikama 2.17 i 2.18.



Slika 2.17 Nova inovativna biciklistička infrastruktura, Avenija Pensilvanija [24]



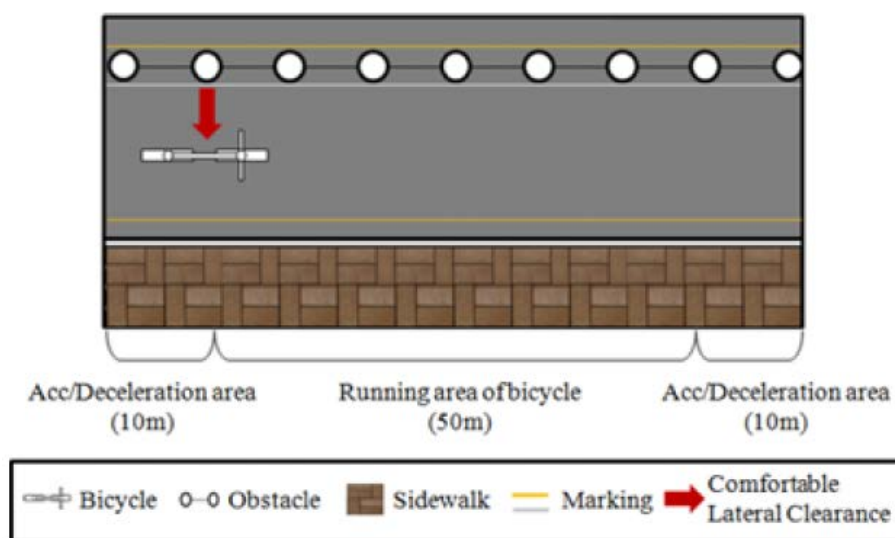
Slika 2.18 Nova inovativna biciklistička infrastruktura [24]

Rezultati rada [24] ukazuju na nedostatke metodologije HCM BLOS-a u oceni dizajna mreže biciklističkih površina koje uključuju odvojene staze za bicikliste i druge nove tipove rešenja biciklističke mreže. Takođe, uočen je i nedostatak nacionalno prihvaćenog alata za ocenu kvaliteta i efikasnosti biciklističke infrastrukture, zbog pojave raznolikosti u samom dizajnu biciklističkih staza na celoj teritoriji SAD. Analizirajući tri alata za ocenu kvaliteta i efikasnosti autori rada [24] ukazuju za potrebu za daljim istraživanjem i razvojem alata koji će omogućiti preciznije ocenjivanje kvaliteta biciklističke infrastrukture i olakšati proces odlučivanja pri izboru varijantnih rešenja koje odgovaraju lokalnim potrebama. Potrebno je razvijati alate koji će uzeti u obzir nove trendove pri projektovanju biciklističke mreže, kao što su biciklističke staze odvojene od motornih vozila, biciklističke trake u nivou kolovoza i primena obojenih površina.

Autori rada [25] istražuju kako odrediti minimalnu širinu biciklističkih traka koristeći eksperimentalnu metodu na terenu i precizni sistem za globalno pozicioniranje u realnom vremenu (RTK GPS). Razvili su metod merenja koji omogućava precizno praćenje kretanja biciklista i procenu minimalne širine traka na osnovu širine bicikla, prostora potrebnog za manevar i bočnog prostora udaljenosti od prepreka.

Koristeći RTK GPS, eksperimenti su sprovedeni na test deonicama biciklističkih traka različitih širina, uzimajući u obzir različite brzine kretanja. Metod merenja biciklističkih pokreta pomoću RTK GPS-a omogućava sakupljanje podataka o kretanju biciklista sa visokom preciznošću, uz evidentiranje podataka svake sekunde. Primenom ovog sistema, autori su uspeali da odrede minimalnu poželjnu širinu biciklističkih traka na osnovu detaljne analize dobijenih podataka.

Eksperimenti su izvedeni za brzine od 10, 20 i 30 km/h duž probnih deonica biciklističkih traka širine 1,1, 2,0 i 3,0 m respektivno, pomoću RTK GPS-a. Eksperimenti su ponovljeni 300 puta sa istim unapred podešenim brzinama. Rezultati istraživanja pokazuju da minimalna širina biciklističkih traka treba da bude najmanje 2,0 m kako bi se osigurala stabilnost bicikala na putevima bez ivičnjaka ili rigola (slika 2.19).



Slika 2.19 Određivanje zaštitne zone između prepreke i bicikla [25]

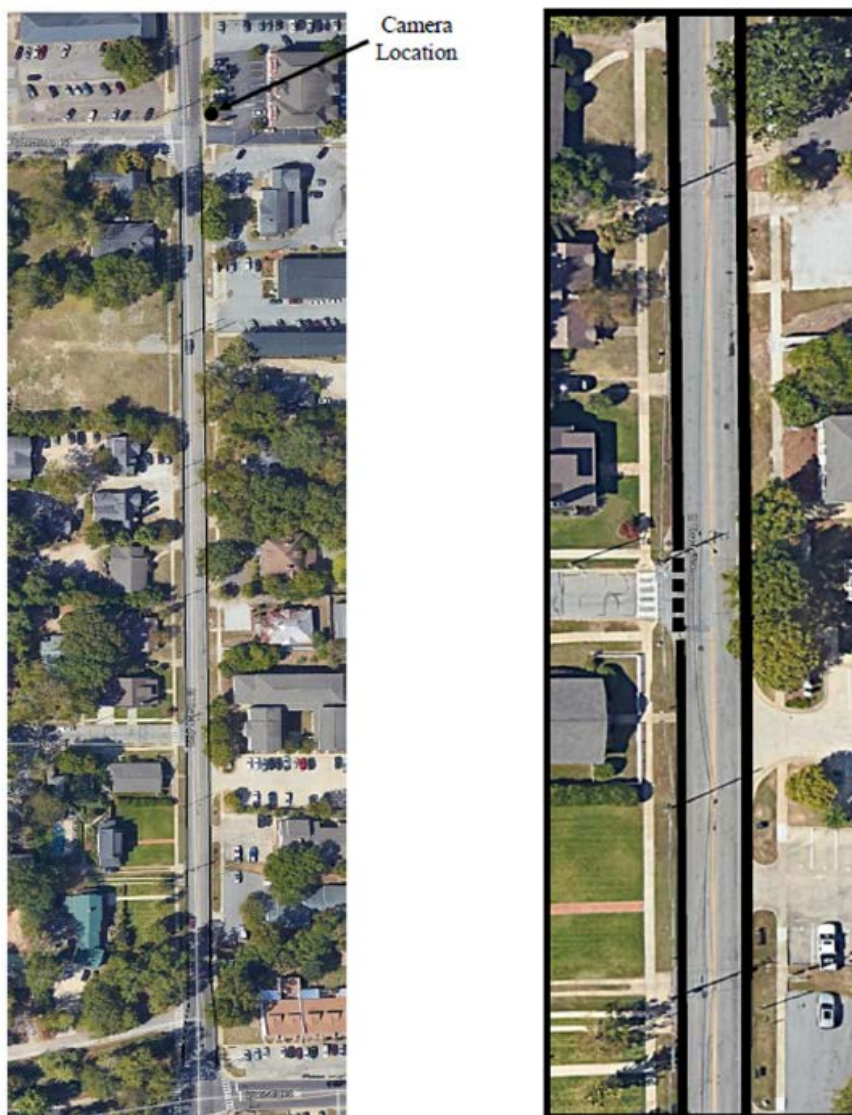
Takođe, buduća dalja istraživanja autora rada [25] usmerena su ka određivanju odgovarajućih standarda u pogledu geometrije prilikom projektovanja biciklističkih staza i traka, kao i uticaj različitih faktora na minimalnu širinu biciklističkih traka, poput parkiranja, nagiba puta i gustine saobraćaja.

Korišćenje naprednih tehnologija kao što su RTK GPS, omogućava precizno merenje i analizu pokreta biciklista, što na direktan i indirektna način doprinosi boljem planiranju i projektovanju mreže biciklističkih površina.

Autori rada [26] se bave procenom uslova na ulicama, sa biciklističkim površinama u nivou kolovoza, tj. biciklističkim trakama koristeći kriterijum nivoa usluge za bicikliste (Bicycle Level of Service - BLOS). U radu autori prepoznaju bitne elemente pozicije i geometrije biciklističke mreže koji imaju uticaj na ulice sa biciklističkim trakama. Autori ocenjuju važnost svakog faktora analizom postojećih BLOS modela i vrše njihovu kategorizaciju kako bi se predložio model koji odgovara ulicama sa biciklističkim trakama. Dosadašnji pristup ocene nivoa usluge ulica sa biciklističkim trakama imali su određene nedostatke u pretpostavkama da biciklisti mogu uvek deliti površinu sa motornim vozilima, kao i da je problematično povezivanje biciklističke mreže prilikom projektovanja i poteškoća

u vođenju biciklističkog saobraćaja zajedno sa saobraćajem motornih vozila. Potrebno je naglasiti da navedene poteškoće se odnose samo na užu spektar biciklističkih objekata i da možda nisu primenjivi u svakoj situaciji.

Autori rada [27] vrše procenu uticaja boje biciklističke površine na ponašanje vozača i biciklista kada je biciklistička površina obojena zelenom bojom. Istraživanje je sprovedeno korišćenjem video snimaka duž East Thach Avenije, u Alabami. Rad [27] ima za cilj da istraži pomenutu promenu ponašanja na deolu biciklističke mreže u predgrađu, na istoku Alabame, na Aveniji Thach, kao što je prikazano na slici 2.20.



Slika 2.20 Predmetna lokacija istraživanja, Thach Avenija [27]

Prikupljeni su podaci pre i posle bojenja površine, uključujući brzinu vozila, lokaciju vozila i biciklista, a dva uzorka t-testa korišćena su za analizu razlika između svakog skupa podataka. Analiza je pokazala da je promena boje biciklističke površine u zelenu brzina vozila



statistički značajno opala, a vozači koji su prethodno davali mali prostor za preticanje, sada su se više udaljili prilikom preticanja biciklista.

Takođe, vozači motornih vozila koji su pre promene boje biciklističke površine vozili bliže desnoj ivici kolovoza, kada nije bilo biciklista, sada su se više udaljili ka centru svoje trake. Na osnovu ovih rezultata autori zaključuju da bojenje biciklističkih površina zelenom bojom može imati pozitivan uticaj sa aspekta bezbednosti na odnos između biciklista i vozača putničkih vozila.

Primena mere bojenja biciklističkih površina zelenom bojom postala je sve češća pojava u urbanim područjima širom Sjedinjenih Američkih Država. Biciklističke površine obojene zelenom bojom razlikuju se od ostalih oznaka na putu i povećavaju vidljivost i bezbednost biciklista.

Bojenje biciklističkih površina može se primeniti samo na mestima gde se trajektorije kretanja motornog i biciklističkog saobraćaja ukrštaju, ili na određenoj deonici biciklističke mreže da bi se naglasila dodatna pažnja na prisustvo biciklističkog saobraćaja.

Autori rada [27] imaju za cilj da procene bezbednost i promenu ponašanja učesnika u saobraćaju, usled promene boje biciklističkih površina kao i analizu interakcije biciklista i vozača putničkih vozila na analiziranoj deonici. Rad predstavlja analizu:

- brzine vozila,
- korišćenja puta od strane biciklista i vozača i
- interakcija između biciklista i vozača pre i posle bojenja postojeće biciklističke površine.

Rezultati rada [23] mogu biti korisni inženjerima prilikom projektovanja biciklističke mreže malih i srednjih gradova kako bi podržali primenu bojenja biciklističkih površina zelenom bojom u cilju povećanja bezbednosti biciklističkog saobraćaja.

Autori rada [28] bave se određivanjem kvaliteta usluge koju pruža putna infrastruktura sa stanovišta biciklista na fizički zaštićenim biciklističkim trakama. Drugi modeli vrlo često ne uzimaju u obzir fizički zaštićene biciklističke trake. U radu [28] je razvijen model za određivanje udobnosti biciklista na zaštićenim biciklističkim trakama na osnovu podataka prikupljenih tokom video anketa.

Prikupljeni su podaci iz Portlanda i San Franciska za razvijanje pomenutog modela.

Bitno ograničenje ovog modela ogleda se u tome da ne analizira odvijanje biciklističkog saobraćaja u nivou raskrsnica, već se samo odnosi na segmente gradskih saobraćajnica.

Na slici 2.21 i slici 2.22 prikazani su segmenti zaštićenih biciklističkih traka na ulicama pomenutih gradova.



Slika 2.21 Zaštićena biciklistička traka na segmentu puta [28]



Slika 2.22 Zaštićena biciklistička traka pored trake za parkiranje putničkih vozila [28]

Autori su uočili značajne faktore koji utiču na nivo usluge na zaštićenim biciklističkim trakama, a to su:

- Vrsta fizičke zaštite,
- Pravac kretanja (jednosmerni ili dvosmerni),
- Brzina motornih vozila,
- Prosečni dnevni broj motornih vozila.

Autori su na osnovu sprovedenih anketa zaključili da su zaštićene biciklističke trake generalno udobnije od drugih vrsta biciklističkih površina.



Takodje, primećen je pozitivan trend rasta popularnosti zaštićenih biciklističkih traka u SAD-u, a na to ukazuje činjenica da je do 2011. godine izgrađeno oko 80 takvih objekata, dok je još 61 izgrađeno nakon toga, što predstavlja povećanje od oko 76%. Autori zaključuju da su zaštićene biciklističke površine u SAD-u u porastu i da se očekuje da će one pružiti veći nivo udobnosti u odnosu na standardne biciklističke trake koje su obeležene samo ivičnom trakom.

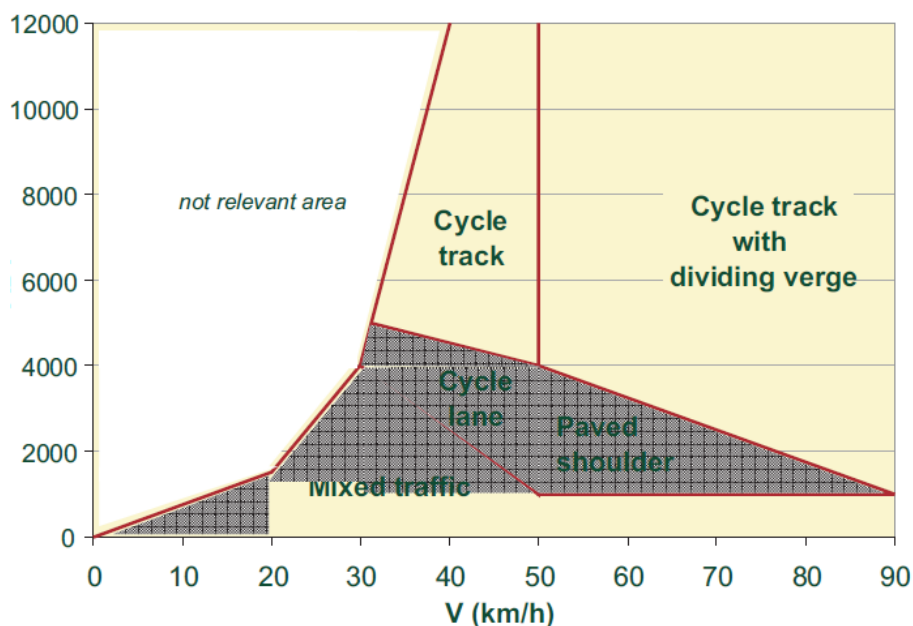
Autori rada [29] usmereni su na razvoj strategija i mera za povećanje sigurnosti biciklista iako obim saobraćaja stalno raste. Takođe, cilj je razviti metode planiranja koje bi bile korisne prilikom izrade projekata saobraćaja i projekata saobraćajne infrastrukture. Ove metode bi mogle biti sastavni deo smernica koje bi bile korišćene prilikom projektovanja biciklističke saobraćajne mreže.

Analizirani su statistički podaci o biciklističkim nesrećama u Mađarskoj između 1999. i 2004. godine. Iako je broj nesreća smanjen, udeo biciklističkih nesreća u urbanim područjima ostao je visok. Istraživačke metode, primenjene u radu [29], uključuju komparativnu analizu međunarodnih smernica za projektovanje biciklističke infrastrukture, analizu statističkih podataka o nesrećama, vizuelnu inspekciju kretanja biciklista i konflikata na raskrsnicama, intervju sa biciklistima i analizu prikupljenih podataka. Podaci su prikupljeni iz različitih izvora, uključujući univerzitete u Bratislavi, Đeru, Beču i Nju Bransviku. Strategije za povećanje sigurnosti su predstavljene na gradskom, nacionalnom i međunarodnom nivou, sa primerima iz više zemalja.

Analizirano je 17 raskrsnica sa aspekta upotrebe biciklističkih svetala, nepravilnim kretanjima i konfliktima sa drugim vozilima. Tehnike analize konflikata i posmatranja nepravilnih kretanja korišćene su za izračunavanje konfliktnih koeficijenata i stope nepravilnih kretanja. Izradjen je dokument koji čini 39 preporučenih mera podeljenih u tri grupe:

- za mešoviti saobraćaj,
- za odvojeni biciklistički saobraćaj,
- dodatne mere.

Model preporučuje odvajanje biciklista od kolovoza kada je brzina kretanja putničkih vozila veća od 90 km/h. Američka metodologija Indeksa kompatibilnosti bicikala je predstavljena, određujući nivo udobnosti za bicikliste na različitim deonicama puta. Model je testiran na 30 deonica u Đeru i upoređen sa subjektivnim ocenama biciklista. Pomenuti model predlaže dijagram kojim se utvrđuje tip inkorporacije biciklističke infrastrukture u poprečni profil saobraćajnice, u funkciji brzine i saobraćajnog protoka, kao što je prikazano na slici 2.23.



Slika 2.23 Dijagram za određivanje položaja i tipa biciklističke infrastrukture u poprečnom profilu saobraćajnice [29]

Autori rada [29] zaključili su da razvijene strategije i mere mogu pomoći u povećanju sigurnosti biciklista. Predložene metode mogu biti korisne za operatere puteva i planere. Neke metode mogu poslužiti kao alati za planiranje i dizajn biciklističke infrastrukture.

Autori rada [30] bave se problemom optimalnog dizajna mreže biciklističkih površina, koje su odvojene od motorizovanog saobraćaja unutar postojeće urbane mreže, tačnije biciklističkih staza. Glavni zadatak rada jeste povećavanje benefita upotrebe biciklističkih staza kao i optimalan izbor ruta primenom Logit modela. Razvijen je model koji koristi mešovitu celobrojnu optimizaciju i u početku je bio nekonveksan. Kasnije, pomenuti model je preuređen i pojednostavljen u linearni oblik kako bi se lakše rešavao. Dobijeni rezultati pokazuju kako model funkcioniše u praksi i ukazuju na njegove ključne osobine i svojstva.

Autori zaključuju da je biciklizam održiv način transporta, posebno u cilju smanjenja emisije gasova staklene bašte i gužve u saobraćaju u urbanim sredinama. Takodje, veliku prepreku za promociju održivog razvoja i biciklizma predstavljaju nepotpune biciklističke



mreže. Prikupljanjem podataka iz analiziranih gradova i njihovom analizom istraživanje je pokazalo da biciklisti prilagođavaju svoje rute da bi koristili biciklističke staze.

Glavna razlika u odnosu na prethodne studije je uvođenje realističnog modela izbora rute biciklista pomoću logit modela veličine putanje, koji uzima u obzir više atributa rute, kao što su dužina, frekvencija skretanja, nagib rute i prisustvo biciklističke infrastrukture. Predložen je model dizajna mreže biciklističkih staza koji uključuje ponašanje biciklista prilikom izbora rute.

Rezultati, do kojih su autori rada [30] došli, pokazuju da ova metoda pruža tačnija rešenja uz optimizaciju potrošenog vremena računanja u poređenju sa tradicionalnim tehnikama. Autori zaključuju da je važno uključiti stvarna ponašanja biciklista u modele dizajna mreža, kako bi se postigli optimalni rezultati za poboljšanje biciklističke infrastrukture u urbanim sredinama.

2.3 Zaključak

Analizom literature iz oblasti projektovanja biciklističkih površina, kao i biciklizma generalno, primećen je značajan napredak sa aspekta unapređenja biciklističke infrastrukture i biciklizma. Istraživanja pokazuju da razvoj biciklističke infrastrukture može značajno poboljšati održivost urbanog transporta smanjujući emisiju gasova staklene bašte i saobraćajne gužve. Identifikovani su stalni izazovi kao što su nepotpune mreže, nedovoljna sigurnost i potreba za promenom ponašanja kako bi se promovisao biciklizam. Inicijative i strategije za unapređenje biciklističke infrastrukture naglašene su kao ključne za budući razvoj. S obzirom na drastične klimatske promene, neophodno je promovisati alternativne vidove transporta, kao što je biciklizam. Jedna od mera promocije je i mera unapređenja infrastrukture koju koriste biciklisti [31]. Neophodno je da ona bude bezbedna, optimizovana i atraktivna za korsnike. Modeli za optimizaciju mreže biciklističkih staza, kao što su mešoviti celobrojni linearni programi i bi-level matematičko programiranje, pokazuju da je moguće značajno povećati broj korisnika bicikla kroz odgovarajuće planiranje i dizajn infrastrukture [34]. Analize ponašanja biciklista, bazirane na GPS trajektorijama, pokazale su da biciklisti preferiraju zaštićene staze i prirodne, zelene oblasti. Takođe, identifikovano je da velike saobraćajnice mogu ometati bicikliste, ali se efekat može ublažiti kvalitetnom infrastrukturom. Iz analiziranih radova može se zaključiti da je primarni cilj projektanta bezbednost i unapređenje biciklističke infrastrukture [35-38]. Radovi su predložili brojna rešenja, shodno problemima koje su obrađivali. Tendencija je da u urbanim sredinama postoji optimalna konekcija biciklističkom



infrastrukturu između centara ka kojima većina ljudi gravitira. Na taj način bi se drastično smanjila gužva u saobraćaju i redukovala količina CO₂ u vazduhu, čime bi lokalna sredina bila mnogo zdravija za život. Studije iz različitih gradova, uključujući Pariz i gradove u SAD, pružaju primere kako se može unaprediti biciklistička infrastruktura i promovisati biciklizam kao održiv vid transporta. Ovi rezultati ukazuju na značaj planiranja i implementacije biciklističke infrastrukture u urbanim sredinama radi promocije održivog razvoja i poboljšanja kvaliteta života građana. Javlja se potreba za sveobuhvatnim i naučno utemeljenim pristupom u planiranju biciklističke infrastrukture, uzimajući u obzir različite faktore i metodologije kako bi se postigao održivi razvoj urbanog transporta.



3. PREGLED STANDARDA I SMERNICA ZA PROJEKTOVANJE BIKIKLISTIČKE INFRASTRUKTURE

U cilju boljeg sagledavanja, definisanja i rešavanja celokupnog problema biciklističkog saobraćaja u urbnim sredinama neophodno je izvršiti pregled i analizu važećih pravilnika. Granične vrednosti definisane u analiziranim pravilnicima, biće inkorporirane u algoritam za pozicioniranje biciklističkih površina u urbanim sredinama. Istraživanja pokazuju da je sistemski pristup i ulaganje u dizajn biciklističkih površina može drastično smanjiti broj saobraćajnih nezgoda [39].

3.1. Pregled i analiza priručnika za projektovanje puteva u Republici Srbiji

3.1.1. Biciklističke površine

Zbog pojave većeg broja konfliktnih tačaka, prilikom prelaska sa samostalne biciklističke površine na mešovitu, treba težiti da se duže deonice biciklističkih površina izvedu u jedinstvenom profilu. Vrsta saobraćajne infrastrukture utiče na nivo rizika, pa odvojene biciklističke površine imaju značajnu prednost po pitanju bezbednosti [40][41][42][43].

3.1.2. Dimenzije geometrijskih elemenata biciklističkih površina

Dimenzije biciklističkih površina [44] zavise od:

- Osnovnih dimenzija bicikala (bicikl ne sme biti širi od 0,75 m),
- Prostora potrebnog za manevrisanje biciklom,
- Širine zaštitne trake

3.1.2.1. Širine biciklističkih površina

3.1.2.1.1. Širine biciklističkog puta

Izgradnje kratkih deonica biciklističkih puteva se ne preporučuje, jer su oni namenjeni povezivanju pojedinačnih mesta [44]. Optimalna širina biciklističkog puta iznosi 3,5m, a minimalna 2,5m [44]. Biciklistički put treba biti izveden kao nezavisna saobraćajna površina, koja je udaljena od saobraćajnih površina za motorni saobraćaj [44].

3.1.2.1.2. Širine biciklističkih staza

Optimalno rešenje biciklističkih staza jeste kada su one jednosmerne i dvostrane. Zbog manjka prostora, treba izbegavati dvosmerne i jednostrane.

Kad god je moguće, treba izbegavati rešenja kojima se predviđa upotreba čelične zaštitne ograde. U tabeli 3.1 prikazane su optimalne i minimalne dimenzije biciklističkih staza [27]:

Tabela 3.1 Širina biciklističkih staza [44]

	Optimalno	Minimalno
Jednosmerna dvostrana	2,00 m	1,50 m
Dvosmerna jednostrana	2,50 m	2,00 m

Sve biciklističke staze na području raskrsnica i na svim mestima prelaska na površinu za mešoviti saobraćaj, kao i u zoni autobuskih stajališta, trebaju biti obojene crvenom bojom u cilju povećanja vidljivosti biciklističke staze i smanji mogućnost nesreća i nezgoda [44].

Kod biciklističkih staza u naselju, preporuka je da se između ivice kolovoza i biciklističke staze obezbedi zaštitna traka, kao i između trake za uzdužno parkiranje i biciklističke staze.

Minimalna širina zaštitne trake iznosi 0,50 m [44], a može da se izvede tj. obeleži kao:

- Razdelna linija,
- Popločana razdelna linija,
- Popločana zaštitna traka,
- Zelena površina,
- Na neki drugi način

Širina zaštitnog pojasa duž trake za uzdužno parkiranje mora da iznosi 0,75 m [44].

3.1.2.1.3. Širina biciklističkih traka

Biciklističke trake u naselju su, po pravilu, dvostrane i jednosmerne. Biciklističke staze izvan naselja se ne preporučuju iz saobraćajno-bezbednosnih razloga. Optimalna širina biciklističke staze iznosi 1,60 m, a minimalna 1,00 m. U cilju bolje uočljivosti, poželjno je biciklističke staze obojiti crvenom bojom.

Potrebna udaljenost biciklističke trake [44]:

- Od fiksnih kratkih prepreka (stubovi za rasvetu, saobraćajni znaci...) bar 0,25 m.
- Od dugačkih prepreka (zidovi objekata, podvožnjaci, ograde...) bar 0,25 m.
- Od parking niša, bar 0,60 m.

3.1.2.2. Biciklističke staze izvan naselja

Izvan naselja je biciklistička staza zaštićena zelenom površinom, u slučaju da to nije moguće, onda se primenjuje zaštitna čelična ograda. Čelična zaštitna ograda, između kolovoza za motorna vozila i biciklističke staze, postavlja se samo u slučaju [44]:

- Kada je razdaljina između spoljašnje ivice bankine i biciklističke površine manja od 1,5 m.
- Kada je razdaljina između spoljašnje ivice bankine i biciklističke površine manja od 10 m, a biciklistička površina je postavljena uz spoljašnju ivicu puta u krivini sa radijusom manjim od 175 m ($R \leq 175$ m).

U slučaju mešovite površine za bicikliste i pešake, ograda koja služi kao zaštita se nadograđuje produženim nosačem. Visina ograde sa nosačem iznosi $110 \text{ cm} \leq h \leq 120 \text{ cm}$ (mereno od ivice biciklističke/pešačke površine od vrha nosača ograde). Ukoliko je moguće, biciklističku stazu je potrebno odvojiti postavljanjem zelene površine ne manje od 1,5 m, na taj način se izbegava primena čelične zaštitne ograde [44].

3.1.2.3. Horizontalni elementi biciklističke površine

Minimalni poluprečnik kružnog luka biciklističkih staza i traka iznosi $R=5,0$ m, jer kod manjeg poluprečnika brzina bicikliste pada ispod $12 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, čime dolazi do stvaranja nestabilnosti [44]. Minimalni horizontalni poluprečnik kružnog luka na biciklističkim putevima mora da iznosi bar $R=10$ m. Ukoliko je radijus manji, iz prostornih razloga, potrebno je postaviti odgovarajući saobraćajni znak (I-1) [44]. U tabeli 3.2 prikazane su vrednosti minimalnog poluprečnika horizontalnih krivina u zavisnosti od brzine kretanja bicika.

Tabela 3.2 Minimalni poluprečnik kružnih lukova biciklističkih površina obzirom na brzinu bicikala [44].

Brzina vožnje bicikla [km/h]	12	16	20	30	40
$R_{\min}$ [m]	5	8	10	17	25

Optimalna brzina biciklista, koju treba obezbediti na biciklističkim saobraćajnicama, iznosi $20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ [44]. Sve date vrednosti, u tabeli 2, za minimalne poluprečnike horizontalnih krivina određene su kod poprečnog nagiba od 2,5%.

3.1.2.4. Poprečni nagibi

U cilju efikasnog odvodnjavanja saobraćajnih površina, preporuka je da poprečni nagib ne sme biti manji od 2,5%. Na biciklističkim stazama i mestima gde se postižu veće brzine, vrednost poprečnih nagiba može biti u rasponu od 1,5% do 5,0%, u zavisnosti od poluprečnika horizontalne krivine, koji je određen u funkciji brzine kretanja bicikla [44]. Ukoliko se biciklističke površine nalaze u istoj ravni sa pešačkim površinama, vrednost minimalnog poprečnog nagiba iznosi 2,0%.

3.1.2.5. Vertikalni elementi

Vertikalna zaobljenja nisu potrebna kod promene uzdužnih nagiba koji su manji od 5%, ukoliko su predviđena, preporuka je da budu veća od $r=4$ m.

Maksimalne dužine uspona predstavljene su u tabeli 3.3:

Tabela 3.3 Maksimalne dužine uspona u zavisnosti od uzdužnih nagiba, za prosečnog biciklistu [44]

Uspon [%]	Maksimalna dužina uspona [m]
10	20
6	65
5	120
4	250
3	>250

Minimalne vrednosti radijusa vertikalnih krivina, kod promene podužnih nagiba koji su veći od 5%, moraju za konveksnu krivinu iznositi minimum $r=30$ m, a za konkavnu $r=10$ m [44]. U tabeli 3.4, prikazane su vrednosti vertikalnih zaobljenja u funkciji brzine kretanja biciklista, za biciklističke puteve.

Tabela 3.4 Vertikalna zaobljenja za biciklističke puteve [44]

Brzina [km/h]	R - vertikalna konveksna	R - vertikalna konkavna
20	40	25
30	80	50
40	150	100
50	300	200

Potrebno je napomenuti da je vertikalni tok biciklističkih staza (uzdužni profil) uslovljen vertikalnim tokom (uzdužnim profilom) saobraćajnih površina uz koje se prostiru.

3.1.3. Preglednost

Potrebna zaustavna preglednost za bezbedno zaustavljanje bicikliste pred preprekom na biciklističkoj površini iznosi od 20 do 40 m [44], a u direktnoj je zavisnosti od brzine kretanja bicikla, kao što je prikazano u tabeli 3.5.

Tabela 3.5 Zaustavna preglednost za bezbedno zaustavljanje bicikliste pred preprekom [44]

Brzina vožnje bicikla [km/h]	Zaustavna preglednost [m]
20	20 – 30
30	30 - 40

3.1.4. Ukrštanje biciklističkih površina sa drugim saobraćajnim površinama

U cilju postizanja bezbednog odvijanja saobraćaja, biciklističke površine moraju, prilikom ukrštanja sa drugim saobraćajnim površinama, ispunjavati sledeće uslove [44]:

- Veoma jasno i nedvosmisleno vođenje biciklističkog saobraćaja (indirektno ili direktno)
- Smer kretanja bicikliste mora biti u vidnom polju vozača
- Razumljivo obeležavanje prednosti
- Dobra preglednost
- Nedvosmisleno obeležavanje mesta na kojima se saobraćajnice ukrštaju.

3.1.4.1. Vođenje biciklističkog saobraćaja u kružnim raskrsnicama

Po pravilu, vođenje biciklističkog saobraćaja u kružnim raskrsnicama, vrši se odvojeno od motornog saobraćaja [44]. Ukoliko je biciklistički saobraćaj, pre poručja kružne raskrsnice, vođen na kolovozu zajedno sa motornim saobraćajem ili na biciklističkoj traci, preporučljivo je da se on u području raskrsnice vodi odvojeno od motornog saobraćaja. Upotreba biciklističkih traka, u samoj kružnoj raskrsnici, nije primerena, pre svega sa aspekta bezbednosti saobraćaja. Ovo pravilo važi i za puteve sa niskim intenzitetom motornog saobraćaja.

Biciklistička staza izvodi se na udaljenosti od 5 m od spoljašnje ivice kružne raskrsnice [44]. Predviđen je samo jednosmerni biciklistički saobraćaj. Biciklisti u kružnoj raskrsnici imaju pravo prvenstva prolaza, u odnosu na vozila koja ulaze u raskrsnicu. U cilju povećanja bezbednosti biciklista u kružnim raskrsnicama, preporučuje se da se biciklističke površine oboje crvenom bojom.

3.1.4.2. Vođenje učesnika u saobraćaju koji skreću ulevo

Direktno vođenje učesnika u saobraćaju koji skreću ulevo se primenjuje samo u slučajevima kada biciklistička staza pre raskrsnice prelazi u biciklističku traku (mešovitu saobraćajnu površinu) i kada je smanjen intenzitet saobraćaja ($PGDS < 1000 \frac{\text{vozila}}{\text{dan}}$). Kod direktnog vođenja saobraćaja, biciklisti skreću ulevo tako što ulaze na raskrsnicu na desnoj strani, prelaze sporedni put i na kraju prelaze glavni put.

3.1.4.3. Direktno vođenje biciklističkog saobraćaja preko ogranka sporednog puta

Direktno vođenje saobraćaja se preporučuje na raskrsnicama koje imaju ili nemaju svetlosne signalne uređaje i gde se biciklistički saobraćaj odvija po biciklističkoj traci [44].

3.1.4.4. Indirektno vođenje biciklističkog saobraćaja preko ogranka sporednog puta

Kod indirektnog vođenja biciklistička staza se može pomeriti, čime pešaci dobijaju prostor za čekanje [44]. Ovaj način vođenja biciklističkog saobraćaja ne pogoduje biciklistima jer moraju da skreću sa svog pravca kretanja i da smanjuju brzinu.

3.1.5. Parkirališta i objekti za odlaganje bicikala

Objekti za odlaganje bicikala treba omogućiti sigurno odlaganje bicikala, ne smeju ometati druge učesnike u saobraćaju i treba da nude odgovarajuću zaštitu od vremenskih prilika [44].

Uređenje parkirališta i objekata za odlaganje bicikala zavisi od trajanja parkiranja [44]:

- Za uređenje kratkotrajnog parkiranja (do 2 sata) obično se bira prostor izvan objekta
- Ukoliko je vreme parkiranja duže od 2 sata, potrebno je obezbediti primereno uređeno parkiralište i objekte za dugotrajno parkiranje bicikala.
- Preporuke:
- Tip postolja mora obezbediti lako korišćenje i treba imati jednostavan sistem za odlaganje i zaključavanje,

- Razmak između dva parking mesta ne sme biti suviše mali (minimum 35cm) jer premala udaljenost otežava pristup biciklu i njegovo zaključavanje,
- Potencijalnu mogućnost oštećenja bicikla svesti na minimum

Primena sistema javnog iznajmljivanja bicikala su važan metod u širenju pristupačnog i održivog urbanog transporta [45].

Potreban broj mesta za parkiranje se određuje prema normativu za različite delatnosti prikazan je u tabeli 3.6.

Table 3.6 Potreban broj mesta za parkiranje za različite delatnosti [44]

Delatnost	Broj mesta za parkiranje (bpm)	
	Evropski normativi (Crow, vol. 25)	Minimum
Poslovne delatnosti	1-3 bpm / 100m ² bruto površine (za zaposlene)	1 bpm / 100m ² bruto površine (za zaposlene)
Tržni centri	5-10 bpm / 100m ² bruto površine (za posetioce)	3 bpm / 100m ² bruto površine (za posetioce)
Škole	1bpm / 2 učenika (za posetioce) (za posetioce) 1bpm / 5 zaposlenih (za zaposlene)	1bpm / 5 učenika (za posetioce) (za posetioce) 1bpm / 10 zaposlenih (za zaposlene)
Rekreativni centri i sportske hale	30 bpm / 100 sedišta (za posetioce)	5 bpm / 100 sedišta (za posetioce)
Pozorišta i bioskopi	25 bpm / 100 sedišta (za posetioce)	5 bpm / 100 sedišta (za posetioce)
Autobuske i železničke stanice	Postolja za 10 do 20% dnevnih putnika na stanici	Postolja za 5 do 10% dnevnih putnika na stanici
bolnice	15-30 /100 kreveta (za posetioce)	10 bpm /100 kreveta (za posetioce)
BPM – broj parking mesta		

Posebni uslovi za dugotrajno parkiranje [44]:

- Lokacija dugotrajnog parkirališta do ciljnog odredišta bicikliste ne sme biti veća od 250 m,
- Najmanje 50% površine treba biti natkriveno
- Preporuka je da prostor za odlaganje bicikala bude pod video nadzodom, uz mogućnost zaključavanja

3.1.6. Karakteristike kolovozne konstrukcije

Nosivost kolovozne konstrukcije biciklističkih površina mora da obezbedi da i u kritičnom periodu tokom proleća, za vreme topljenja snega, treba da izdrži težinu mašina za održavanje i težinu motornih vozila za pružanje pomoći (vatrogasna vozila i vozila hitne pomoći). Nosivost se meri kao ugib koji, na novoizgrađenim biciklističkim površinama, ne sme biti veći od 1-1,5 mm ispod opterećenja točka od 50kN.

Da bi se obezbedilo sigurno kretanje vozila po voznoj površini, u obzir treba uzeti sledeće stavke:

- Vozne karakteristike, (brzina kretanja, proklizavanje i klizanje),
- Karakteristike točka, (unutrašnji pritisak, presek, dizajn, stanje profila, karakteristike gume),
- Karakteristike posrednika između gume i vozne površine (voda, sneg, led, prašina, ulje,..)
- Trenje vozne površine

Na raskrsnicama, gde se ukrštaju biciklističke površine i površine za motorni saobraćaj, preporučljivo je da se, površine namenjene biciklističkom saobraćaju, dodatno istaknu bojenjem crvenom bojom, u cilju povećanja bezbednosti učesnika u saobraćaju.

Materijali za izradu biciklističkih površina mogu biti [44]:

- Asfalt
- Beton
- Ploče za popločavanje
- Pesak (pogodan za biciklističke staza koje su potpuno odvojene od motornog saobraćaj, npr. biciklistički putevi kroz šumu)

3.1.6.1. Podvožnjaci i nadvožnjaci

Kod planiranja podvožnjaka značajne su sledeće stavke [44]:

- Optimalna vidljivost iz svih smerova
- Vreme vožnje kroz podvožnjak treba biti što manje za biciklistu
- Maksimalni nagib kosine iznos 12%
- Podvožnjak ne sme stvarati osećaj klaustrofobije

3.1.6.2. Završetak biciklističkih površina

Na kraju biciklističkih površina potrebno je postaviti prepreke kojima se sprečava naglo uključivanje biciklista u saobraćaj, u cilju povećanja bezbednosti biciklista. To se može izvesti



postavljanjem stubića ili drugih prepreka. Preporuka je da se niveleta u tom delu biciklističke staze projektuje tako da biciklista mora smanjiti brzinu kretanja [44].

Prilikom prelaska biciklističke staze ili puta na biciklističku traku, promena profila je dozvoljena samo na preglednom mestu, uz korišćenje odgovarajuće signalizacije, kojom se i ostali učesnici u saobraćaju upozoravaju na potencijalnu opasnost.

3.2. Pregled i analiza priručnika za projektovanje puteva u Republici Bosni i Hercegovini

3.2.1. Tehnički elementi biciklističkih površina

Biciklisti su svrstani u spori saobraćaj, ali u gradovima oni predstavljaju jedan od najbržih oblika prevoza [46].

Mešoviti profil podrazumeva profil saobraćajnice koju zajedno koriste biciklisti i motorna vozila. Primenjuje se na putevima sa niskim intenzitetom motornog saobraćaja, pri čemu je neophodno ograničiti brzinu, kvantitet i strukturu saobraćaja motornih vozila [46].

Biciklistička traka je smeštena na kolovozu, ali je odvojena od ostalog saobraćaja neprekidnom belom linijom. Preporuka je da se oboji crvenom bojom i obeleži piktogramima u cilju povećanja bezbednosti biciklista [46].

Motociklistička staza je učestalo rešenje u urbanim zonama. Ona se pozicionira odmah pored kolovoza namenjenog motornim vozilima, odvojena je zelenom površinom ili drugim novom u odnosu na površinu namenjenu za kretanje motornih vozila [46].

Biciklističke veze predstavljaju pravce pružanja biciklističkih površina, koje su nasumice i u raznim tehnički izvedenim oblicima povezuju pojedina mesta (turističke i kulturno-istorijske zone) ili su povezane sa međunarodnim biciklističkim rutama [46].

Rešavanje problema biciklističkog saobraćaja

Proces planiranja [46] izvođenja prioritetnih biciklističkih površina, može se podeliti na sledeće korake:

- Prva faza - popis postojećih biciklističkih površina i planiranje novih
- Analiziranje postojećih i potencijalnih korisnika biciklističkih površina i određivanje najgušćih veznih tačaka
- Analiza celokupne mreže i određivanje prioriteta za poboljšanje uslova
- Program izrade
- Projektovanje – izrada tehničke dokumentacije biciklističkih staza
- Izvođenje radova

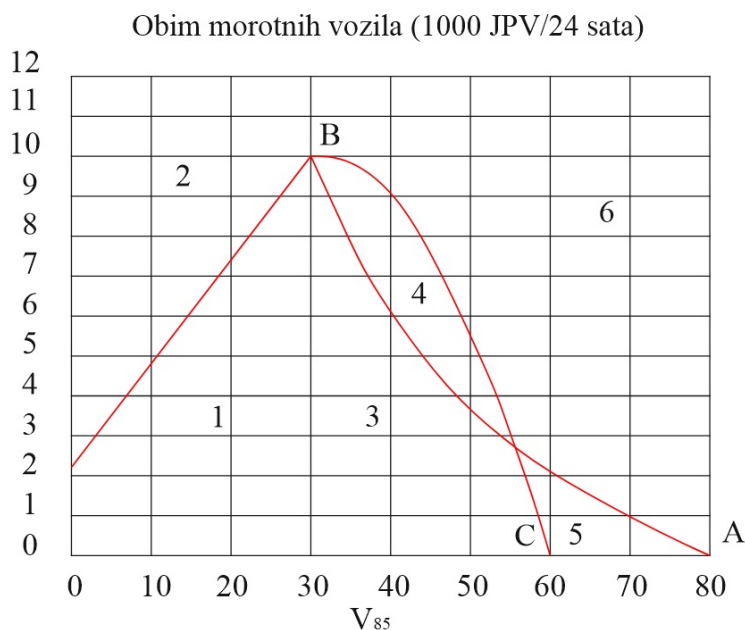
3.2.2. Izbor tehničkog oblika biciklističke površine

U slučaju brzog i gustog saobraćaja motornih vozila, primenjuje se fizički odvojena biciklistička površina (staza) [46]. One imaju za cilj da obezbede neometanu i bezbednu površinu za bicikliste i vozače mopeda.

Primena biciklističke trake vrši se u slučaju kada nije moguće obezbediti da biciklistička površina na putu bude izdignuta. Takođe, biciklističke trake se primenjuju na saobraćajnicama koje karakteriše gust saobraćaj motornih vozila. Preporučljivo je da biciklistička traka bude obojena crvenom bojom.

3.2.3. Kriterijum za izbor tehničkog oblika biciklističke staze

Različiti profili biciklističke površine utiču na bezbednost biciklista u različitim situacijama [46]. Na osnovu dijagrama, prikazanog na slici 3.1, vrši se izbor tipa biciklističkih površina. Horizontalna osa dijagrama predstavlja stvarnu brzinu motornog saobraćaja (V_{85}), ali ne dozvoljenu brzinu.



Slika 3.1 Obim motornih vozila (1000 JVT/24 sata) [46]

Dijagram je podeljen u 6 zona [46].

- Zona 1 – ukoliko je stvarna brzina motornog vozila manja od 30km/h, može se koristiti mešoviti profil, a što ima za posledicu da se u zoni 30 ne grade zasebne biciklističke staze.
- Zona 2 – Kombinovanje sporog i brzog saobraćaja je veoma retka, zbog čega primena biciklističkih površina nije posebno propisana.

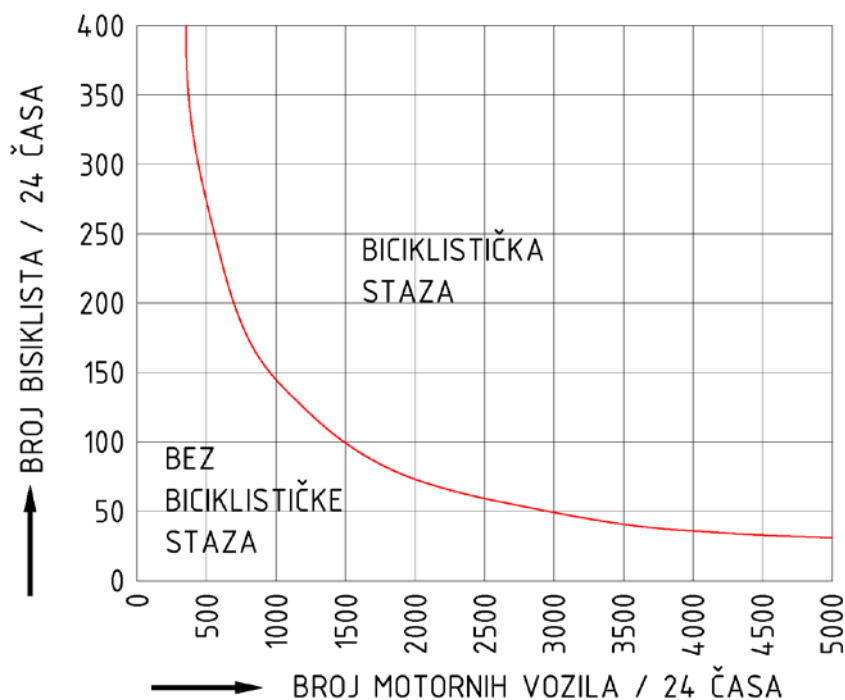


- Zona 3 – Dozvoljeno je mešanje biciklističkog sa ostalim vidovima saobraćaja, zavisno od obima i karakteristika puta, izuzev u posebnim okolnostima (npr. veliki procenat kamiona)
- Zona 4 – Van urbanih zona neophodna je primena biciklističke trake ili staze, dok u urbanim zonama moraju se obezbediti biciklistička traka ili put.
- Zona 5 – Preporučuje se biciklistička staza, međutim, s obzirom da je manja gustina saobraćaja motornih vozila, dozvoljeno je mešanje sa saobraćajem motornih vozila, s tim da se ne preporučuju biciklističke trake, zbog bezbednosti biciklista
- Zona 6 – Zbog velike gustine saobraćaja i velike stvarne brzine, neophodna je primena motociklističkih staza, a biciklistička staza predstavlja najbolju alternativu
- Pomenuti dijagram ne može predvideti sve moguće slučaje, zbog čega je neophodno primeniti neka od opštih rešenja [46]:
- Primena biciklističkih traka na putevima, sa većim stepenom zauzetosti obližnjih parkirališta u vremenskom intervalu najvećeg saobraćajnog opterećenja ($> 80\%$) se ne preporučuje, zbog mogućnosti parkiranja na biciklističkoj traci. Bolje rešenje jeste primena biciklističkih staza koje su odvojene drugim novoom ili na neki drugi način.
- Na putevima gde je prosečan godišnji dnevni saobraćaj veći od 1500 vozila, biciklistička staza ima manje prednosti, preporuka je primena biciklističkih traka.
- Na putevima gde saobraćaju tramvaji, preporuka je da se biciklistička površina odvoji posebnim nivoom.
- Na putevima sa jednim smerom, potrebno je odvojiti biciklističku površinu drugačijim nivoom.
- U slučaju smanjene gustine saobraćaja, i kada je stvarna brzina motornih vozila veća od 80km/h, preporuka je da se biciklistička površina odvoji posebnim nivoom.
- Ukoliko je $PGDS > 10000$ vozila i ako je stvarna brzina kretanja motornih oko 30km/h, potrebno je odvojiti biciklističku površinu drugačijim nivoom.
- Ukoliko je stvarna brzina kretanja motornih vozila veća od 60 km/h izvan izgrađenih zona, ne preporučuju se biciklističke trake.

Zahtev za vođenje biciklističkog saobraćaja, preko biciklističkih površina, opravdan je ukoliko ispunjava sledeće uslove [46]:

- Proizvoda broja motornih vozila i biciklista, u posmatranom periodu od 24 sata, mora biti jednak ili veći od 150 000 (dijagram 2).
- 100 ili više biciklista je zabeleženo u vremenskom intervalu sa najvećim intenzitetom saobraćaja.
- Udeo kamiona i autobusa je veći od 10%.

Na slici 3.2 prikazan je dijagram za odabir vrste biciklističke površine.



Slika 3.2 Dijagram za odabir biciklističke površine [46]

3.2.4. Brzina vožnje i kapacitet biciklističkih površina

Prosečna brzina bicikliste na ravnoj površini je od 10 do 45 km/h. Većina biciklista vozi prosečnom brzinom od 19 km/h, uz odstupanje ± 3 km/h ($V_{85}=22$ km/h) [46]. Na dugim i strmim usponima može biti i ispod 5km/h, dok na većim padovima može dostići i preko 65km/h.

Empirijskim putem izabrane su sledeće računске brzine, koje predstavljaju osnovu za određivanje tehničkih elemenata biciklističkih površina [46]:

- $V_{rač1} = 20$ km/h – u urbanim zonama
- $V_{rač2} = 30$ km/h – izvan urbanih zona

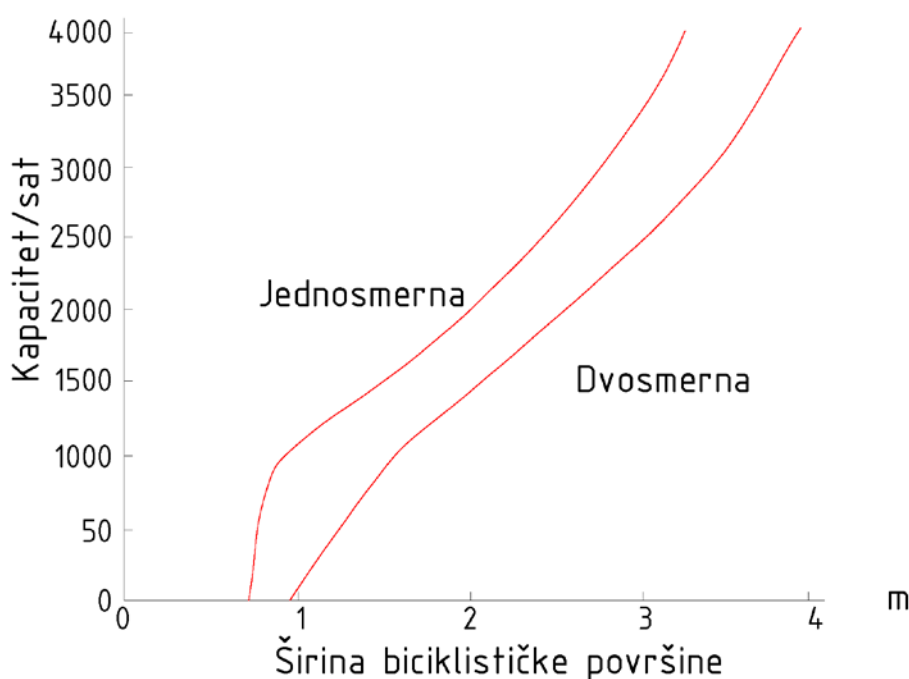
Protok biciklističkog saobraćaja na biciklističkim površinama zavisi od gustine saobraćaja, ometanja toka saobraćaja, udaljenosti bočnih prepreka, širine biciklističke

površine, broja prelaza, vremenskih uslova, podužnog nagiba, itd. U tabeli 3.7 prikazan je kapacitet biciklističkih površina u zavisnosti od broja traka.

Tabela 3.7 Kapacitet površina u odnosu na broj traka i smer saobraćaja [46]

Smer saobraćaja	Broj traka	Kapacitet bicikl/sat
Jednosmerna	1	1300 do 2500
Jednosmerna	2	2000 do 5000
Dvosmerna	2	500 do 2000

Na osnovu Hadsonovog dijagrama, prikazanog na slici 3.3, može se odrediti širina biciklističke površine na osnovu predviđenog kapaciteta:



Slika 3.3 Hadsonov dijagram kapaciteta [46]

Dimenzionisanje i zavisnost izbora biciklističke površine

Dimenzije biciklističkih površina zavise od [46]:

- Osnovnih dimenzija bicikala
- Prostora za manevrisanje biciklom
- Bezbednost prostora

Dimenzije bicikala nisu definisane niti standardizovane, već zavise od dizajnera, ali treba poštovati ograničenja širine bicikala [46]. Bicikl ne sme biti širi od 0,75 m. Ostale dimenzije [46]:



Dužina:

- Obični bicikl: 2,00 m
- Tandem-bicikl: 2,50 m
- Bicikl sa prikolicom: 4,00 m

95% bicikala su duži od 1,95 m [46]

Širina:

- Obični bicikl: 0,60 m
- Tricikl: 1,00 m
- Bicikl sa prikolicom: 1,00 m

10% bicikala su u granicama širine od 0,70 m [46].

Visina:

- Bicikl sa biciklistom: 1,30 m (minimalno)
- 2,00 m (maksimalno)
- Mehanizam za voženje: 0,07 m (minimalno)
- 0,15 m (maksimalno)

Dečiji bicikl, sa udelom od 5%, je visok najviše 1,00 m, a za odrasle (95%) 1,85 m [46].

Masa:

- Trkački bicikl (< 5%): 12,80 kg
- 50% bicikala: 17,80 kg
- 95% bicikala: 25,60 kg

Bicikl sa aluminijumskim ramom može imati masu manju od 8,5 kilograma.

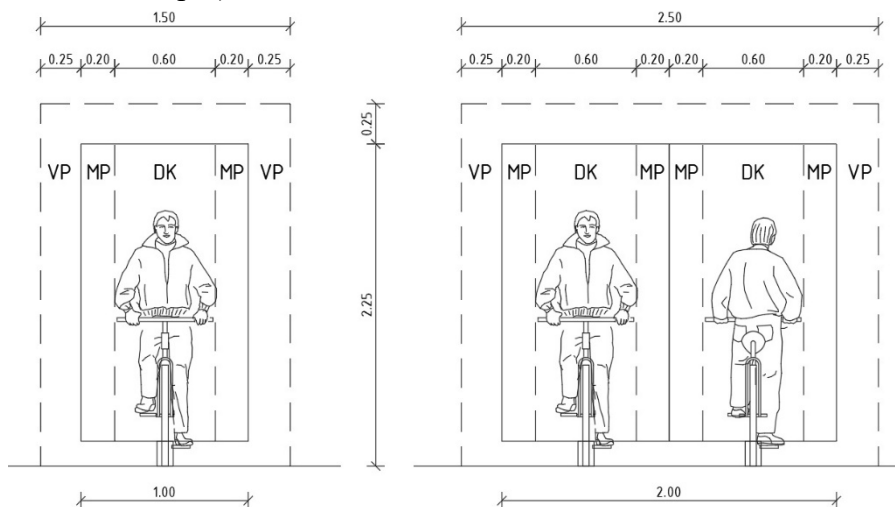
Dodatni prostor za manevrisanje na svakoj strani bicikla je [46]:

- Normalno: 0,20 m
- Na dužim zastojima: 0,15 m
- Na kraćim zastojima: 0,10 m

Minimalna razdaljina od objekata koji se graniče sa biciklističkom površinom [46]:

- Kolovoza: 0,30 m
- Drveće: 0,50 m
- Zid: 0,60 m
- Motorno vozilo: 0,10 m

Slika 3.4 predstavlja slobodni profil biciklističke staze za jednog ili dva biciklista (biciklistička traka ili put):



Slika 3.4 Slobodni i saobraćajni profil biciklističke površine [46]

Širina biciklističke površine zavisi još i od [46]:

- Vrste biciklističke površine
- Udobnosti
- Prostornih mogućnosti
- Zahteva u vezi održavanja
- Gustine biciklističkog saobraćaja

Problem nedostatka prostora za bicikliste je karakterističan za gradske centre [46], što ima za posledicu primenu mešovitih površina ili biciklističkih traka. Širina biciklističkih traka ne sme biti manja od 1,00 m [46]. Ukoliko se ne može obezbediti minimalna širina biciklističke trake, ona se posebno ne označava, već se vozači motornih vozila upozoravaju o prisustvu biciklista na kolovozu, primenom horizontalne i vertikalne saobraćajne signalizacije.

Prilikom izbora širine biciklističke površine, potrebno je sagledati sledeća tri dodatna uslova [46]:

- Bezbedno preticanje – na jednosmernoj biciklističkoj stazi, na kojoj saobraćaju bicikli sa motorom, neophodno je obezbediti neometan prostor za bar još jednog biciklistu, kako bi se omogućilo bezbedno preticanje;
- Uperednu (paralelnu) vožnju bicikala – u cilju povećanja udobnosti vožnje, potrebno je obezbediti prostor za uporednu vožnju, tj. obezbediti širinu za još jednog biciklistu;
- Položaj biciklističke površine – vrsta i širina biciklističke površine zavise od njenog položaja. Na prostoru van urbane zone grade se biciklističke staze i putevi,

dok se biciklističke trake izvode samo u slučaju niske gustine saobraćaja (manje od 1000 vozila dnevno) i ako je ograničenje brzine kretanja motornih vozila 60km/h.

- Kako bi se zaštitio biciklistički saobraćaj, potrebno je obezbediti sledeće [46]:
- Širina zaštitne trake između biciklističke staze i kolovoza sa motornim saobraćajem, mora biti najmanje 0,75 m;
- Širina zelene površine između biciklističke staze i kolovoza sa motornim saobraćajem, ne sme biti manja od 1,50 m;
- Biciklističke trake koje su locirane neposredno pored parkirališta moraju biti udaljene 0,60 m od prostora za parkiranje.

3.2.5. Biciklističke trake

Preporuka je da biciklističke trake u urbanim zonama budu dvostrane i jednosmerne [46], a u slučaju novogradnje da budu ivičnjakom odvojene od površina koje su namenjene pešacima. Ukoliko je takva biciklistička površina pozicionirana samo sa jedne strane puta, potrebno je postaviti uz samu ivicu puta.

Širina biciklističke trake u urbanom području zavisi od [46]:

- Dimenzija bicikla (0,60 m)
- Prostora za manevrisanje (2 x 0,20 m)
- Bezbednosnog prostora (2 x 0,25 m)

Biciklistička traka treba biti široka 1,50 m [46]. Ukoliko prostorni uslovi to ne dozvoljavaju, može se suziti na 1,00 m i potrebno je postaviti vertikalnu saobraćajnu signalizaciju, koja upućuje na suženje i zabranu parkiranja [46]. U cilju bolje uočljivosti, preporučljivo je da se biciklistička traka oboji crvenom bojom.

Potrebno rastojanje biciklističke trake [46]:

- Najmanje 0,50 m od nepokretnih kratkih prepreka
- Najmanje 0,75 m od dugih prepreka
- Najmanje 0,60 m od prostora za parkiranje

Gradnje biciklističkih traka izvan urbanih područja nije preporučljiva iz bezbednosnih razloga. Prihvatljivije rešenje je izgradnja biciklistički staza.

Širina biciklističke trake van urbanog područja zavisi od [46]:

- Dimenzija bicikla (0,60 m)
- Prostora za manevrisanje (2 x 0,20 m)
- Bezbednosnog rastojanja od motornih vozila (0,50 m)



3.2.6. Biciklističke staze

3.2.6.1. Jednosmerna dvostrana biciklistička staza

Preporuka je da biciklističke staze u urbanom području budu jednosmerne i dvostrane [46]. U slučaju dvosmerne biciklističke staze središnja zona treba biti najmanje 0,75 m široka. Biciklističku stazu je potrebno odvojiti od kolovoza ogradom, ukoliko je to moguće.

Potrebno rastojanje biciklističke staze [46]:

- Najmanje 0,60 m od prostora za parkiranje
- Najmanje 0,75 m od dugih nepokretnih prepreka
- Najmanje 0,50 m od kratkih prepreka

Širina jednosmerne dvostrane biciklističke staze zavisi od:

- Dimenzija bicikla (0,60 m)
- Prostora za manevrisanje (2 x 0,20 m)
- Mogućnosti preticanja (dvostruki biciklistički neometan prostor)

Širina jednosmerne dvostrane biciklističke staze je 2,00 m. Na prostoru autobuskih stajališta, izloga radnji ili tamo gde nema dovoljno prostora, širina staze se može suziti na 1,75 m.

3.2.6.2. Dvosmerna biciklistička staza

Širina dvosmerne biciklističke staze iznosi 2,50 m. Na prostoru autobuskih stajališta, izloga radnji ili tamo gde nema dovoljno prostora, širina staze se može suziti na 2,00 m [46]. Suženje je potrebno naznačiti horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.

Širina dvosmerne biciklističke staze zavisi od:

- Dimenzija bicikla (2 x 0,60 = 1,20 m)
- Prostora za manevrisanje (4 x 0,20 m)
- Bezbednosnog prostora između dva neometana prostora za biciklistu (0,50 m)

Biciklističku stazu je potrebno odvojiti od pešačke površine ivičnjakom od najviše 5 cm visine [46]. Dvosmerna biciklistička staza mora biti najmanje 0,75 m udaljena od kolovoza. Biciklističke staze na bilo kom delu, gde se javlja mešoviti saobraćaj (raskrsnice, urbana područja,...), moraju biti obojene crvenom bojom, čime se postiže vidljivost biciklističke staze i smanjuje mogućnost saobraćajnih nesreća.

3.2.6.3. Biciklistička staza izvan urbanog područja

Zbog veće brzine motornih vozila, biciklistička staza izvan urbanog područja treba biti najmanje 0,75 m udaljena od kolovoza i fizički odvojena ogradom ili žbunastim rastinjem, i

odvojena u nivou ivičnjakom [46]. Udaljenost biciklističke staze, u pomenutom slučaju, može biti i 1,50 m od kolovoza od koga je odvojena zelenom površinom i bez ivičnjaka.

Širina biciklističke staze izvan urbanog područja [46]:

- Jednosmerna biciklistička staza – 2,00 m
- Dvosmerna biciklistička staza – 2,50 m

Biciklistička staza izvan urbanog područja može biti sužena u zonama mosta ili podzemnog prolaza. Dvosmerne i jednosmerne biciklističke staze mogu se sužiti na 1,75 i 2,00 m respektivno. Svako suženje mora biti ispraćenom adekvatnom vertikalnom i horizontalnom saobraćajnom signalizacijom. S obzirom na velike brzine biciklista (do 40km/h), potrebno je osigurati njihovu bezbednost, mogućnost mimoilaženja i uporede vožnje. Na osnovu navedenih uslova određena je širina biciklističke staze sa 1,00 m neometanog prostora za svakog biciklistu i 0,50 m između neometanih prostora za bicikliste koji se susižu.

Širina biciklističke staze zavisi od [46]:

- Dimenzija tri neometana prostora za biciklistu (3 x 1,00 m)
- Bezbednosnog prostora između dva neometana prostora za biciklistu (0,50 m)

Prema tome, optimalna širina biciklističke staze iznosi 3,50 m. U izuzetnim slučajevima, moguće je izvršiti suženje na 2,50 m na deonicama koje su u zoni mosta ili podzemnog prolaza, gde je neophodno obeležiti suženje propisnom saobraćajnom signalizacijom. Rastojanje između biciklističke staze i kolovoza mora biti najmanje 1,50 m. Preporuka je da biciklistička staza bude fizički odvojena od kolovoza i nezavisna od saobraćaja motornih vozila.

Razdaljina biciklističkih staza od različitih prepreka [46]:

- Najmanje 0,50 m od nepokretnih kratkih prepreka
- Najmanje 0,75 m od dugih prepreka
- Najmanje 0,60 m od prostora za parkiranje

Uslovi koji se primenjuju na biciklističke staze van urbanih područja jednaki su uslovima koji se primenjuju u urbanim područjima.

Razdaljina biciklističke staze od [46]:

- Kolovoza – najmanje 1,50 m
- Zidova, ograda, podzemnih prolaza, mostova – najmanje 0,75 m
- Nepokretnih prepreka (drveće, stubovi,...) – najmanje 0,50 m

U tabeli 3.8 prikazane su optimalne i minimalne širine biciklističkih staza u urbanom području:

Tabela 3.8 Širine biciklističkih staza u urbanom području [46]

Tip biciklističke površine	Širina	
	optimalna	minimalna
Biciklistički pojas	1,60	1,00
Jednosmerna biciklistička staza	2,00	1,75
Dvosmerna biciklistička staza	2,50	2,00
Biciklistička staza	3,50	2,50

3.2.7. Geometrijski elementi biciklističkih površina

3.2.7.1. Radijus horizontalnih krivina

Biciklisti mogu voziti u krivinama sa veoma malim radijusom, s obzirom da malu brzinu kretanja. Jednačina [46], dobijena empirijskim putem, određuje odnos brzine bicikliste (km/h) i radijusa unutrašnje krivine (m), koja omogućava biciklisti da vozi bez kočenja i da održava ravnotežu, sledi:

$$R = 0,238 V_r + 0,41 \text{ [46]}$$

Gde je:

- V_r – brzina kretanja [km/h]
- R – radijus [m]

Jednačina je pogodna za računanje radijusa krivine u urbanim područjima, pri računskoj brzini od 20 km/h.

Najmanji mogući radijus je 3,5 m, s obzirom da u slučaju manjeg radijusa brzina pada ispod 12 km/h, što bi dovelo do nestabilnosti [46]. Radijus može biti i manji, ali ispred horizontalne krivine sa radijusom manjim od 3,0 m neophodno je postaviti adekvatan saobraćajni znak koji upozorava na opasno skretanje, dok ispred krivine sa radijusom manjim od 2,0 m postavlja se znak koji upozorava da biciklista mora sići sa bicikla.

Primenjuju se vrednosti minimalnog horizontalnog radijusa, ukoliko je poprečni nagib 2,50 % [46].

U tabeli 3.9 prikazane su vrednosti radijusa horizontalne krivine u odnosu na brzinu kretanja.

Tabela 3.9 Vrednosti radijusa horizontalne krivine u odnosu na brzinu kretanja bicikliste [46]

Brzina [km/h]	12	16	24	28	32	40
R [m]	3,5	5	10	15	20	30

Horizontalni radijusi biciklističkih staza treba da iznose najmanje $R = 10$ m [46].

3.2.7.2. Proširenje biciklističke površine

Proširenje biciklističke površine neophodno je na [46]:

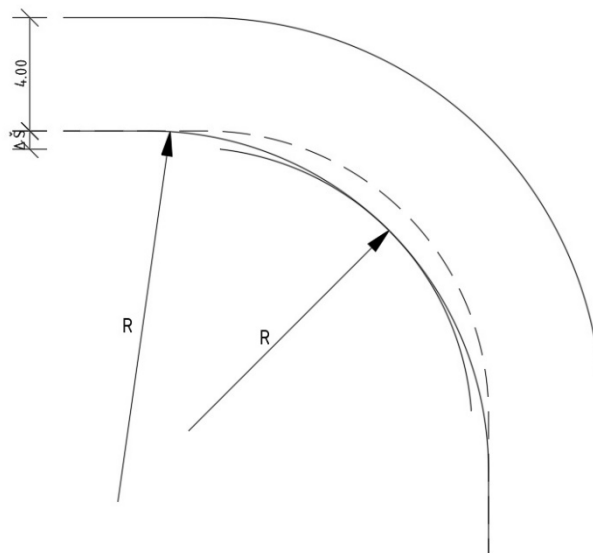
- Na početku i prema završetku vožnje
- Na usponima
- U krivinama

U prva dva slučaja, proširenje je neophodno jer se brzina bicikliste smanjuje, što dovodi do smanjenja stabilnosti. Prostor koji je potreban biciklisti da krene ili da se zaustavi mora biti 0,30 m širi u odnosu na ostatak površine. Pri manjim brzinama potrebno je obezbediti proširenje usled manjeg radijusa koji opisuje zadnji točak i veće brzine usled nagiba bicikliste prilikom vožnje kroz krivinu. Po pravilu, proširenje se vrši na unutrašnjoj strani krivine, tj. ka strani koja je bliža centru krivine [46]. U tabeli 3.10 prikazana su proširenja horizontalnih krivina usled male brzine kretanja.

Tabela 3.10 Proširenje u horizontalnim krivinama usled male brzine kretanja bicikliste [46]

R [m]	Proširenje [cm]
2	40
3	25
8	10

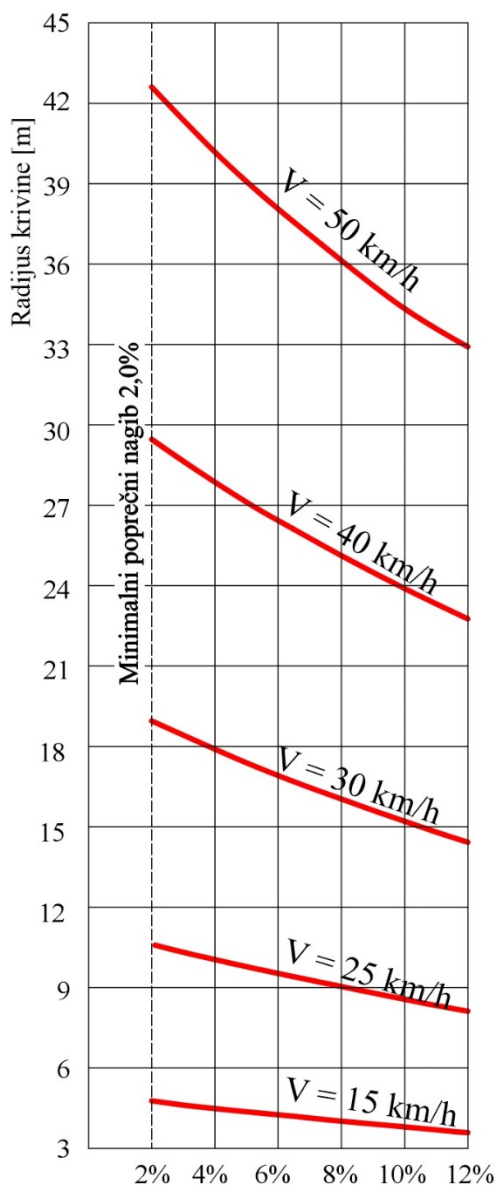
Ukoliko je brzina kretanja bicikliste veća i radijus horizontalnog zaobljenja manji od 30 m, potrebno je obezbediti proširenje, zbog nagiba bicikliste od 25° u odnosu na vertikalnu osu. Veličina ovog proširenja kreće se između 50 i 60 cm. U slučaju dvosmernih biciklističkih staza neophodno je vršiti proširenje ka spoljnoj ivici horizontalne krivine (slika 3.5).



Slika 3.5 Grafički prikaz proširenja biciklističke površine [46]

3.2.7.3. Poprečni nagib

U cilju boljeg odvodnjavanja, poprečni nagib biciklističkih površina treba biti 2,5% [46]. Ukoliko su biciklističke i pešačke površine u istom nivou, potrebno je smanjiti poprečni nagib na 1,5%. Na deonicama biciklističkih staza gde se biciklisti kreću većom brzinom (veći podužni nagib), poprečni nagib biciklističke površine treba biti u opsegu od 2,5% i 5% zavisno od veličine radijusa horizontalne krivine [46]. Na slici 3.6 prikazan je dijagram za određivanje poprečnog nagiba biciklističke površine u krivini u zavisnosti od poluprečnika krivine i brzine kretanja.



Slika 3.6 Vrednost poprečnog nagiba u funkciji radijusa horizontalne krivine [46]

3.2.7.4. Podužni nagib

Podužni nagib biciklističke površine mora biti prilagođen prosečno biciklisti, dok za aktivne rekreativne bicikliste oni mogu biti i veći [46]. Veoma je važno usklađivanje horizontalnih i vertikalnih elemenata čime se obezbeđuje bolje kretanje bicikliste.

U tabeli 3.11 prikazane su vrednosti preporučene i maksimalne dužine deonice u zavisnosti od podužnog nagiba.

Tabela 3.111 Preporučena i maksimalna dužina deonice u odnosu na podužni nagib [46]

Nagib (uspon) [%]	Preporučena dužina [m]	Maksimalna dužina [m]
10,0	10	20
5,0	40	80
4,5	51	102
4,0	62	124
3,5	90	180
3,3	90	180
2,9	122	244
2,5	160	360
2,0	250	500

Veći usponi dozvoljeni su samo na kraćim razdaljinama i sa smanjivanjem podužnog nagiba na manje od 4% na sredini. Na biciklističkim stazama gde je planirana brzina od 15 km/h, potrebno je da nagib bude veći od [46]:

- 2% na razdaljini od 4 km
- 4% na razdaljini od 2 km

U tabeli 3.12 prikazane su vrednosi visinske razlike koju biciklista savlada zavisno od podužnog nagiba nivelete.

Tabela 3.12 Visinska razlika koju biciklista savlada u zavisnosti od podužnog nagiba [46]

Visinska razlika [m]	Nagib [%]	Dužina nagiba [m]
1	12	8
2	10	20
4	6	65
6	5	120
10	4	250
>10	3	

3.2.7.5. Vertikalne krivine

Nije neophodna primena vertikalnih krivina na mestima preloma nivelete, ukoliko je razlika promene nagiba manja od 5%, ukoliko se planiraju, ne treba da budu veće od 4 m. Minimalna vrednost radijusa vertikalnih krivina, na mestima gde se podužni nagib menja za više od 5% [46], su sledeće:

- Za konveksne krivine – $R_{\min} = 30$ m
- Za konkavne krivine – $R_{\min} = 10$ m

Daljina preglednosti

Tokom vožnje, biciklista mora da nadgleda površinu kojom vozi na 8 do 10 sekundi. Vrednost ove razdaljine se utvrđuje na osnovu projektne brzine.

U tabeli 3.13 prikazane su dužine preglednosti u zavisnosti od brzine kretanja bicikla.

Tabela 3.13 Dužina preglednosti u funkciji brzine kretanja [46]

Projektna brzina	20 km/h	25 km/h	30 km/h
Daljina preglednosti pri kretanju	45-55 m	55-70 m	70-85 m

Kako bi biciklista na vreme reagovao i zaustavio bicikl, jako je bitno utvrditi daljinu preglednost pri kočenju. Daljina preglednosti pri kočenju predstavlja dužinu koju biciklista pređe od trenutka kada uoči prepreku do trenutka zaustavljanja. Ova vrednost zavisi od brzine kretanja, kao što je prikazano u tabeli 3.14.

Tabela 3.14 Daljina preglednosti u zavisnosti od brzine kretanja [46]

Projektna brzina	20 km/h	25 km/h	30 km/h
Vidno polje pri kretanju	> 20 m	> 30 m	> 40 m

Neophodno je obezbediti daljinu preglednosti [46]:

- Tokom prilaženja raskrsnici
- Na bermi (jednaka je daljini preglednosti pri kočenju)
- U vertikalnim krivinama
- U horizontalnim krivinama

Prilikom projektovanja priključaka, uzimajući u obzir vidno polje bicikliste, ugao između priključaka ne sme biti manji od 60°, dok je idealan prav ugao.



3.2.8. Ukrštanje biciklističkog saobraćaja sa drugim saobraćajnim površinama

Prilikom ukrštanja sa drugim saobraćajnim površinama, biciklističke površine moraju ispunjavati sledeće uslove [46]:

- Bezbedno odvajanje biciklističkog od drugog saobraćaja
- Veoma jasno i nedvosmisleno vođenje biciklističkog saobraćaja
- Razumljive oznake sa desne strane puta
- Dobra preglednost

Dodavanjem fizičkih barijera između saobraćajne površine i kolovoza može značajno unaprediti bezbednost biciklista [6].

3.2.8.1. Indirektno i direktno vođenje učesnika u saobraćaju koji skreću ulevo

U slučajevima kada biciklistička staza, pre raskrsnice, prelazi u biciklističku traku ili u mešovitu saobraćajnu površinu i kada zbog niskog intenziteta saobraćaja biciklisti mogu bez problema da skrenu ulevo sa drugim učesnicima u saobraćaju, tada se primenjuje direktno vođenje saobraćaja [46].

Ukoliko se biciklistički saobraćaj vodi indirektno, biciklisti skreću ulevo tako što ulaze u raskrsnicu na desnoj strani, prelaze sporedni put i potom prelaze glavni put. Takođe kod indirektnog vođenja biciklističkog saobraćaja, biciklistička staza se može pomeriti za 5 do 6 m, tako da vozila koja skreću udesno, mogu osloboditi put sa prvenstvom prolaza. U slučaju vođenja biciklističkog saobraćaja preko saobraćajnog ostrva gde biciklisti imaju pravo prvenstva prolaza, biciklistička staza se pomera tako da biciklisti prelaze deo puta pod pravim uglom, s tim što vozila koja skreću udesno mogu osloboditi glavni put [46]. Kod indirektnog vođenja, moguće je obezbediti prostor za čekanje biciklista. U ovom slučaju biciklistička staza je pomerena tako da biciklisti prelaze izlazni deo puta pod pravim uglom, ali nemaju pravo prvenstva prolaza, zbog čega je neophodno da postoji propratna vertikalna i horizontalna saobraćajna signalizacija.

3.2.8.2. Vođenje biciklističkog saobraćaja u raskrsnicama

Vođenje biciklističkog saobraćaja u raskrsnicama predstavlja kombinaciju ranije navedenog direktnog i indirektnog vođenja saobraćaja. Vođenje biciklističkog saobraćaja u raskrsnicama mora se izvesti tako da bezbednost svih učesnika bude prioritet [47]. Primenom signalnih uređaja (LSD) može se izvršiti delimično indirektno vođenje biciklističkog saobraćaja u raskrsnici [46]. U slučaju indirektnog vođenja biciklističkog saobraćaja, prioritet

ima saobraćaj motornih vozila, a horizontalna i vertikalna saobraćajna signalizacija je primenjena bez svetlosnih signalnih uređaja [46].

Prelaz izvan raskrsnice je takođe ostvariv i smešten je na početku ili na kraju dvosmerne biciklističke staze, odakle biciklistička staza nastavlja u mešovitom profilu. Mnogo su bezbednija rešenja u kojima motorna vozila moraju smanjiti brzinu čime se omogućuje biciklistima bezbedan prelazak preko kolovoza [46]. Preporuka je da prelaz bude tako oblikovan da biciklista prelazi pod pravim uglom kolovoz, čime se povećava i moć zapažanja. Ukoliko postoji mogućnost, u pogledu prostora, mogu se primeniti prepreke koje smanjuju brzinu motornih vozila i olakšavaju prelazak kolovoza biciklistima. Pomenuta prepreka mora biti najmanje 2,00 do 2,50 m dužine.

3.2.8.3. Vođenje biciklističkog saobraćaja u kružnim raskrsnicama

U kružnim raskrsnicama i na priključcima, biciklistička traka mora biti fizički odvojena od ostalog saobraćaja. Postoji mogućnost da biciklistička bude delimično odvojena od ostalog saobraćaja. U tom slučaju, biciklistički saobraćaja, slično kao i motorni, ima prvenstvo prolaza u odnosu na druge učesnike koji ulaze u kružnu raskrsnicu. Ovo rešenje je primenljivo na saobraćajnim površinama gde je ograničenje brzine od 30km/h.

Ukoliko je biciklistička staza potpuno odvojena od ostalog saobraćaja, njena udaljenost od spoljne ivice kružne raskrsnice mora biti približno 5 m [46]. U tom slučaju, moguć je samo jednosmeran biciklistički saobraćaj. Ukoliko je biciklistička staza sa dvosmernim saobraćajem, neophodno je izvesti prelaze preko raskrsnice pod pravim uglom, s tim što biciklisti ne bi imali pravo prvenstva prolaza [46].

3.2.9. Prostor za odlaganje bicikala

Osnovni zahtevi za miran biciklistički saobraćaj mogu se svesti u 5 osnovnih kriterijuma [46]:

1. Prostor namenjen parkiranju bicikala mora biti vidljiv iz svih pravaca iz kojih mu se može pristupiti
2. Potrebno je da biciklista može direktno da pristupi prostoru za parkiranje, što podrazumeva dovoljno rastojanje između postolja i nepokretnih prepreka.
3. Atraktivnost (oblik, dizajn i funkcionalnost moraju biti izbalansirani)
4. Lična sigurnost biciklista kao i sigurnost parkiranih bicikala moraju biti garantovani.

5. Udobnost podrazumeva obezbeđivanje skloništa od nepovoljnih vremenskih prilika, kao i prateće aktivnosti na predmetnoj lokaciji (servis, prodavnice, svlačionice, itd.)

Parkirališta za bicikliste bi trebalo locirati na početku i na kraju svake deonice, na lokacijama sa karakteristikama glavnih pokretača biciklističkog saobraćaja (škole, tržni centri, železničke i autobuske stanice) [46]. Lokacija parkirališta mora biti navedena na mapama i do njih je neophodno omogućiti javni pristup. Ukoliko parkirališta nisu locirana na dostupnim mestima, biciklisti ih neće koristiti. Postoji nekoliko načina za utvrđivanje i odabir novih lokacija biciklističkih parkirališta [46]:

Parkirališta za bicikliste bi trebalo locirati na početku i na kraju svake deonice, na lokacijama sa karakteristikama glavnih pokretača biciklističkog saobraćaja (škole, tržni centri, železničke i autobuske stanice) [46]. Lokacija parkirališta mora biti navedena na mapama i do njih je neophodno omogućiti javni pristup. Ukoliko parkirališta nisu locirana na dostupnim mestima, biciklisti ih neće koristiti. Postoji nekoliko načina za utvrđivanje i odabir novih lokacija biciklističkih parkirališta [46]:

- Lokacije gde je uočeno da se biciklisti parkiraju, moraju imati adekvatno parkiralište
- Lokacije se mogu utvrditi na osnovu matrica prvobitnog cilja
- Najtačniji podaci, o potencijalnim lokacijama biciklističkih parkirališta, dobijaju se istraživačkim metodama brojanja (brojanje biciklističkog saobraćaja, parking mesta, itd.) i anketiranja (domaćinstava, na ulici, među zaposlenima, itd.)

Parkiranje biciklista se može podeliti u dve kategorije, sa aspekta dužne trajanja [46]:

- Kratkotrajno (trajanje parkiranja je manje od dva sata)
- Dugotrajno (trajanje parkiranja je duže od dva sata)
- Određivanje pozicije same lokacije se vrši uz poštovanje sledećih principa [46]:
- Osim adekvatnog broja parking mesta, potrebno je obezbediti i visok nivo usluge za bicikliste, ali i za druge učesnike u saobraćaj
- Treba težiti da se omogući minimalno rastojanje od biciklističkog parkirališta do krajnje destinacije bicikliste (direktna blizina odredišta za većinu biciklista)
- Lokacija mora biti sigurna sa socijalnog aspekta (dobra uočljivost, osvetljenost itd.)

Postolje za bicikl mora biti takvo da omogućava jednostavno korišćenje, da sadrži prostor za odlaganje i sistem za zaključavanje bicikala. Razmak između postolja za

zaključavanje ne sme biti manji od 30 cm. Mogućnost oštećenje bicikla se mora svesti na minimum.

Parkirališta za dugotrajno odlaganje bicikala mora ispunjavati uslove koji se odnose na kratkotrajna parkirališta, a to su [46]:

- Lokacija dugotrajnog parkirališta ne sme biti udaljena više od 250 m od ciljnog odredišta bicikliste
- Minimum 50% površine dugotrajnog biciklističkog parkirališta mora biti natkriveno
- Veća sigurnost se postiže upotrebom katanaca, video nadzora ili nadzorom od strane ovlašćenih lica

Kapaciteti biciklističkih parkirališta

Po pravilu, biciklističko parking mesto opremljeno je postoljem na kojem se bicikl može pričvrstiti sistemom za zaključavanje [46]. Potreban broj parking mesta se određuje na osnovu prosečnog broja svih posetioca, zaposlenih ili studenata. Nakon toga, broj se množi planiranim procentom vožnji, koji je ustanovljen na osnovu saobraćajne politike. U tabeli 3.15 prikazan je broj parking mesta za bicikliste u zavisnosti od ciljne destinacije bicikliste.

Tabela 3.15 Broj parking mesta u zavisnosti od ciljne destinacije bicikliste [46]

Mesto	Službenici, stanari, stalni korisnici Broj parking mesta	Kategorija	Posetioci Broj parking mesta	Kategorija
Banke	1/100 m ²	2	3+1/50 m ²	3
Bolnice	1/15 kreveta	1	1/30 kreveta	3
Galerije	1/500 m ²	2	3+1/500 m ²	3
Hoteli	1/10 zaposlenih	1 ili 2	5 ili 1/20 vozila	1
Industrijska postrojenja	1/350 m ²	1 ili 2	1/500 m ²	3
Biblioteke	1/500 m ²	1 ili 2	5+2/200 m ²	3
Laka industrija	1/500 m ²	1 ili 2	1/500 m ²	3
Pasaži	1/4 zaposlena	2	3+1/50 m ²	3
Moteli	1/40 soba	1	1/500 m ²	2
Muzeji	1/500 m ²	2	5+1/400 m ²	3
Tržni centri	1/300 g. sal. a.	1	5/150 m ² g. sal. a.	3



Zgrada opštine	1/500 m ²	2	3+1/150 m ²	3
Kancelarije	1/100 m ²	1 ili 2	5+1/450 m ²	3
Bazeni	1/400 m ²	1 ili 2	2/10 m ² područje bazena	3
Ustanove za rekreaciju (unutrašnje)	1/4 zaposlena	1 ili 2	1/200 m ²	3
Restorani	1/100 m ²	2	2+1/100 m ²	3
Sakralni objekti	1/2 zaposlena	1 ili 2	1/25 m ²	3
Samački ili studentski domovi	1/4 sobe	1	1/16 soba	3
Škole	1/5 učenika+1/10 zaposlenih	1 ili 2	1/500 m ²	3
Sportske hale	1/500 sedišta	1	1/150 sedišta	3
Stambene zgrade	1/jedinici 1/5 jedinica	1	1/10 jedinica	3
Prodavnice	1/150 m ² sal.a.	1	3+1/100 m ²	3
Tržnice	1/500 m ²	2	1/5 odeljaka	3
Centri za zabavu	1/500 m ²	1 ili 2	3+1/50 m ²	2
Zdravstvene ustanove	1/400 m ²	1 ili 2	1/200 m ²	3

Broj parking mesta navedenih u tabeli 9 moraju biti usklađeni sa stvarnim brojem parkiranih bicikala, što podrazumeva obavezno brojanje korisnika. Grube procene neophodnih parking mesta mogu se zasnivati na broju parking mesta za putnička vozila (10-15%) [46].

3.2.10. Kolovozna konstrukcija

Kvalitetna kolovozna konstrukcija treba da doprinese sigurnoj i udobnoj vožnji. Glavni preduslov za udobnu vožnju jeste ravna kolovozna površina, a sigurnost se ostvaruje obezbeđivanjem odgovarajućeg trenja [46].

Nosivost površine mora biti obezbeđena u kritičnom periodu godine (tokom proleća, za vreme topljenja snega) i ona mora izdržati težinu vozila za pružanje pomoći (vatrogasna vozila, kola hitne pomoći). Nosivost se meri kao ugib na novoizgrađenoj biciklističkoj stazi i iznosi 1-1,5 mm ispod točka koji je opterećen silom intenziteta 50kN [46].

Trenje se određuje kao veza geometrijskih karakteristika i izgleda vozne površine, što uključuje udubljenja između kamenih čestica na voznoj površini i strukturu samih čestica.

Sa aspekta sigurnog kretanja vozila, neophodno je uzeti u obzir sledeće stavke [46]:

- Vozne karakteristike (brzina kretanja, klizanje)
- Karakteristike točka (vrsta, unutrašnji pritisak, poprečni presek, dizajn profila)
- Karakteristike posrednika između pneumatika i kolovozne površine (voda, sneg, ulje, led, prašina,...)
- Trenje vozne površine

Materijali, za izradu biciklističkih površina, mogu biti [46]:

- Asfalt – relativno malo trenje, izdržljiv materijal. Tokom visokih temperatura dolazi do promene fizičkih karakteristika veziva (bitumena)
- Beton – vrlo pogodan materijal za izradu biciklističkih površina, ali veoma skup.
- Kulir ploče – popločavanje i održavanja ploča je jako skupo, zahtevaju postavljanje ivičnjaka
- Ploče za popločavanje – veoma skupe za postavljanje i održavanje. S obzirom na prostor između ploča, nisu udobne kao beton ili asfalt.
- Pesak – veoma pogodan materijal za izradu biciklističkih staza koje su potpuno odvojene od motornog saobraćaja.

3.3. Zaključak

Sprovedena analiza pokazuje da postoje zanemarljivo male razlike između posmatranih priručnika. Priručnici obe države pokazuju sličan pristup u pogledu osnovnih elemenata dizajna biciklističkih površina, s tim što svaka sržava ima svoje specifične naglaske u pogledu materijala, dimenzija i bezbednosnih mera. Kriterijumi geometrijskih elemenata oba pravilnika su identični. Minimalni radijus horizontalnih krivina iznosi 10 m. Vrednosti radijusa horizontalnih krivina su posmatrani i sa aspekta vrednosti brzine kretanja bicikala. Prema srpskom priručniku, minimalni radijus iznosi 5m za brzinu kretanja od 12 km/h, dok bosanski priručnik preporučuje radijus od 3,5 m, za istu brzinu. Ukoliko je vrednost horizontalnog zaobljenja manja (iz prostornih razloga), neophodno je postaviti adekvatnu saobraćajnu signalizaciju. Oba priručnika preporučuju da je neophodno da radijusi vertikalnih zaobljenja ne budu manji od 4 m, ako je podužni nagib manji od 5%. Ukoliko je podužni nagib veći od 5%, po preporuci oba priručnika, minimalna vrednost radijusa konveksne krivine iznosi 30 m, a konkavne 10 m. Minimalna vrednost poprečnog nagiba biciklističkih površina iznosi 2,5% (izuzetno 1,5%), dok je maksimalna vrednost 5%. Jedna od glavnih tema oba priručnika su bezbednosne mere. Prema srpskom priručniku, preporuka je da se biciklističke površine boje

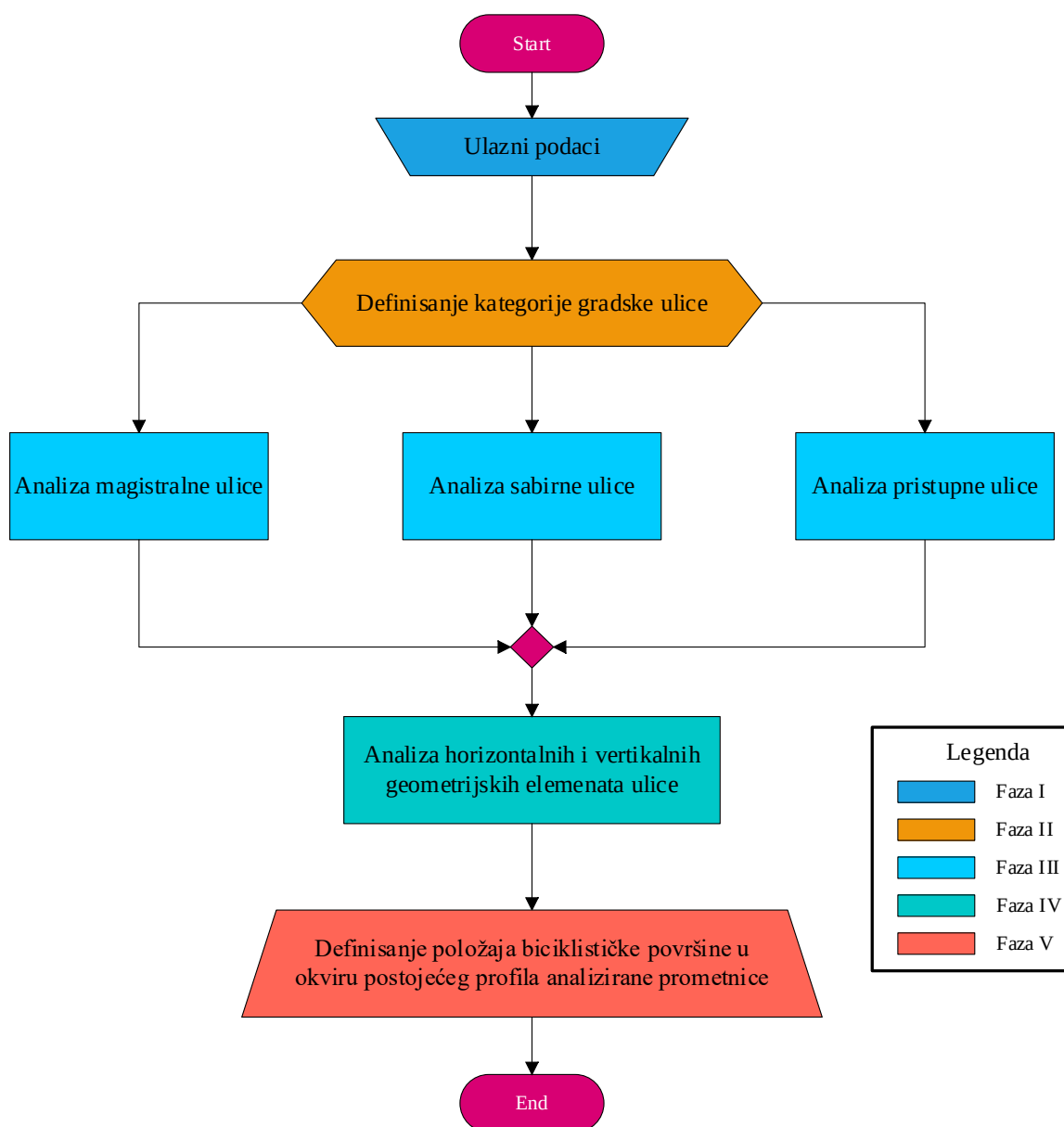


crvenom bojom u zonama raskrsnica, što ima za cilj bolju uočljivost korisnika biciklističkih površina, čime se značajno povećava bezbednost svih učenika u saobraćaju. Bosanski priručnik predlaže slične mere, s tim što je preporuka da se, osim bojenja površina crvenom bojom, površine oiviče neprekidnom belom linijom. Oba priručnika preporučuju izgradnju adekvatne prpratne infrastrukture, sa posebnim akcentom na mesta za odlaganje i zaključavanje bicikala. Na ovaj način biciklistički saobraćaj postaje atraktivniji građanima, što ima za cilj povećanje broja korisnika biciklističkih površina.

4. OPIS ALGORITMA

Zbog rapidnog urbanog razvoja gradova i povećanja intenziteta saobraćaja javila se potreba za boljim iskorišćenjem javnih površina u gradovima [48] radi unapređenja održivosti i mobilnosti. Cilj algoritma, za pozicioniranje biciklističkih površina u okviru postojećeg profila gradske saobraćajnice, jeste da sagleda geometrijske karakteristike ulice i da predloži vrstu i poziciju biciklističke površine u urbanim uslovima [49].

Radi bolje organizacije i optimizacije rada, algoritam je podeljen na pet ključnih faza. Svaka faza biće detaljno opisana u daljem tekstu. Na slici 4.1 prikazana je organizacija algoritma.



Slika 4.1 Shematski prikaz organizacije algoritma



4.1 Ograničenja algoritma

Ograničenja algoritma su jako važna radi njegove pravilne primene [50]. Kao što je ranije rečeno, on se bavi analizom gradskih saobraćajnica u urbanim uslovima.

Razmatrane kategorije gradskih saobraćajnica su [51]:

- Pristupne
- Sabirne
- Magistralne

Algoritam ne razmatra odvijanje biciklističkog saobraćaja u zonama raskrsnica, kao ni pozicioniranje biciklističkih površina.

Takođe, jako bitno ograničenje predstavlja broj stanovnika jednog grada. Ovo ograničenje podrazumeva da algoritam analizira putnu infrastrukturu gradova sa populacijom do 250 000 stanovnika [30].

4.2 Opis algoritma po fazama

Predstavljeni algoritam sačinjen je od niza jasno definisanih koraka rešavanja problema pozicije biciklističkih površina [52] [53]. Ovi koraci grupisani su u faze [54] prema oblasti ili načinu analize. Neophodno je napomenuti da je svaka naredna faza usko vezana sa ishodom prethodne. Preliminarno rešenje pozicije biciklističkih površina algoritam predlaže već nakon druge faze. Ovo predloženo rešenje se dalje razmatra u trećoj fazi i ono može biti prihvaćeno ili odbačeno. Svaka od faza algoritma je specifična i biće detaljno opisana u daljem tekstu.

4.2.1 Faza I

Radi efikasnog i nesmetanog rada algoritma, neophodno je uneti sve bitne ulazne podatke. Prva faza predstavlja unos pomenutih podataka. U budućim etapama razvoja algoritma moguće je primeniti metod mapiranja geometrijskih elemenata analizom kretanja biciklista, uz primenu GIS zapisa [55-61]. Neophodno je napomenuti da se pojedini podaci unose tokom samog rada algoritma, zbog njihove specifičnosti ili zbog prirode njihove obrade.

Podaci koji se unose u prvoj fazi su:

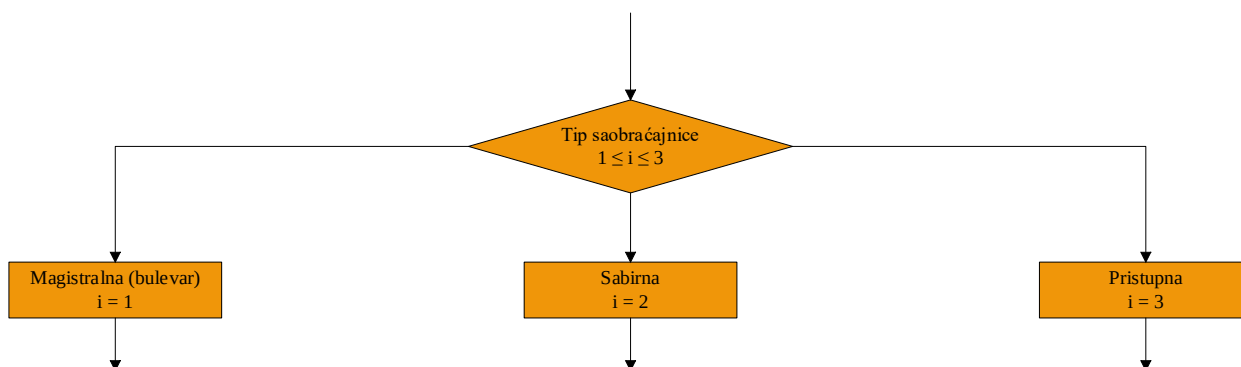
- Kategorija saobraćajnice,
- Saobraćajno uređenje saobraćajnice,
- Broj kolovoznih traka,
- Broj saobraćajnih traka,
- Širine kolovoznih traka,

- Postojanje pešačkih staza,
- Širina pešačkih staza,
- Postojanje drvoreda,
- Postojanje mobilijara za pešake,
- Saobraćajno opterećenje,
- Računska brzina.

Nakon unosa podaci su spremni za dalju obradu i analizu, čime je prva faza okončana.

4.2.2 Faza II

S obzirom na to da se algoritam bavi analizom gradskih saobraćajnica, potrebno je na samom početku analize definisati kategoriju saobraćajnice. Druga faza ima vrlo važnu ulogu u određivanju daljeg toka algoritma na osnovu pomenute kategorije. Iako je ova faza najkraća od svih ostalih, ona ima jako bitnu ulogu. Na slici 4.2 prikazana je druga faza.



Slika 4.2 Druga faza algoritma

Radi efikasnijeg rada uvedena je promenljiva “i”. U zavisnosti od toga da li su uneti podaci u prethodnoj fazi vezani za pristupnu, sabirnu ili magistralnu saobraćajnicu, promenljiva “i” ima vrednosti 1, 2 ili 3, respektivno. Na taj način osigurana je brza i tačna priprema analize za naredne faze. Utvrđivanjem vrednosti promenljive “i” druga faza se završava.

4.2.3 Faza III

Nakon utvrđivanja kog ranga je gradska saobraćajnica, algoritam se račva na tri zasebna dela – tri podfaze. Ova podela uslovljena je prethodnom fazom. Svaki deo predstavlja zasebnu celinu koja analizira posebnu kategoriju gradske saobraćajnice, i to:

- Ukoliko je $i = 1$, analizira se magistralna saobraćajnica
- Ukoliko je $i = 2$, analizira se sabirna saobraćajnica

- Ukoliko je $i = 3$, analizira se pristupna saobraćajnica

U ovoj fazi algoritma analiziran je intenzitet saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje definisano je standardnom SRPS U.C4.010 [62] i predstavlja broj prolaska standardnih osovin od 82kN kroz merodavnu traku za dimenzionisanje. Prema navedenom standardu, saobraćajno opterećenje prikazano je u tabeli 4.1.

Table 4 Podela saobraćajnog opterećenja prema standardu SRPS U.C4.010 [62]

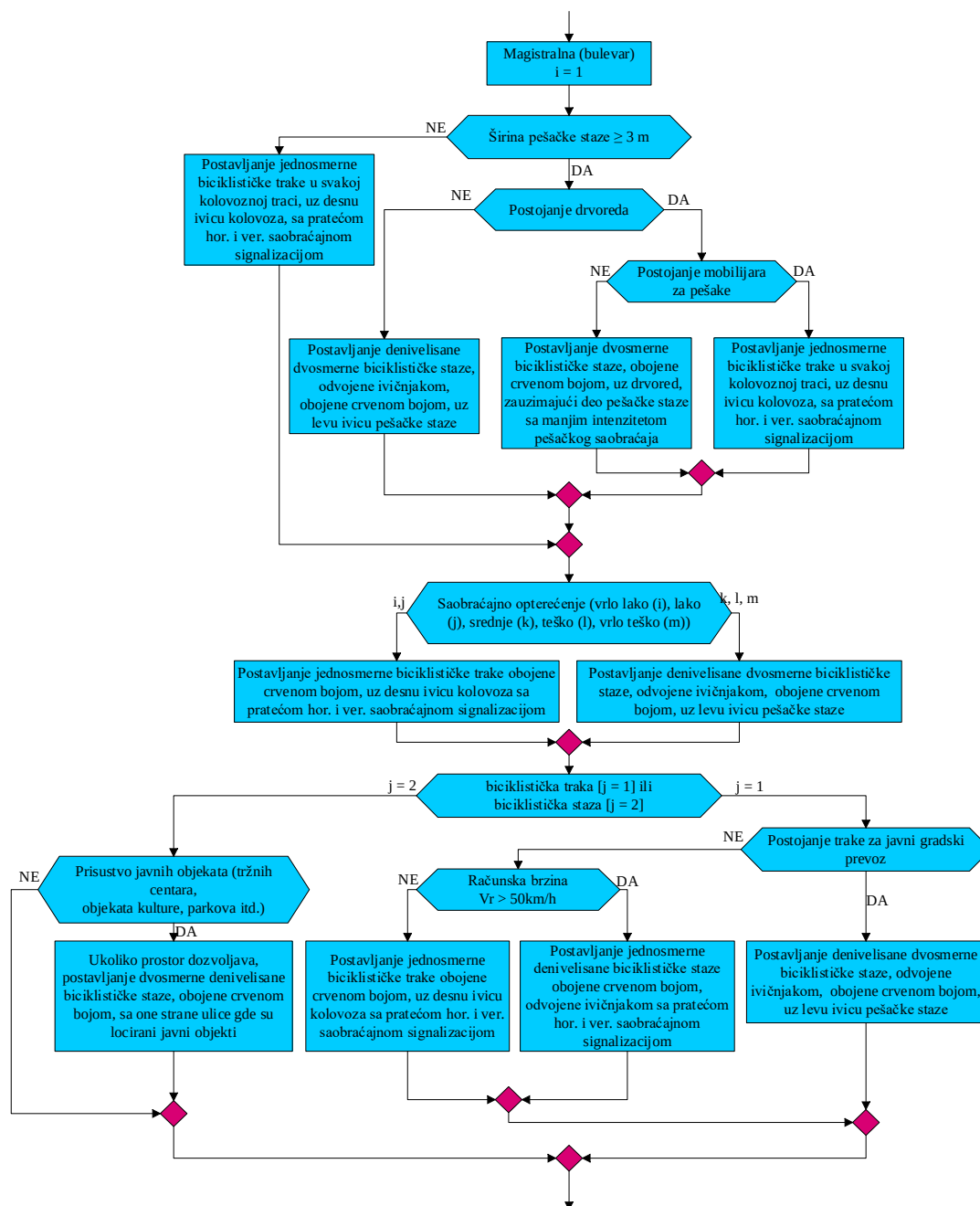
Grupa saobraćajnog opterećenja	Ukupno ekvivalentno saobraćajno opterećenje od 82 kN
Vrlo lako	$< 2 \times 10^5$
Lako	$2 \times 10^5 - 7 \times 10^5$
Srednje	$7 \times 10^5 - 2 \times 10^6$
Teško	$2 \times 10^6 - 7 \times 10^6$
Vrlo teško	$> 7 \times 10^6$

Svaka podfaza biće detaljno opisana u daljem tekstu.

4.2.3.1 Analiza magistralnih saobraćajnica

Magistralne saobraćajnice odlikuje mogućnost kretanja motornih, putničkih i teretnih vozila većim brzinama [51]. Bulevari, što predstavlja drugi naziv za ovu kategoriju saobraćajnica, spadaju u primarnu saobraćajnu mrežu i spajaju određene delove grada kao i gradske centre.

Zbog navedenih karakteristika, sprovedena je posebna analiza magistralnih saobraćajnica u okviru treće faze algoritma. Na slici 4.3 prikazana je podfaza koja se bavi analizom elemenata poprečnog profila magistralnih saobraćajnica.



Slika 4.3 III faza - analiza magistralne saobraćajnica

Početak ove podfaze definisan je promenljivom "i" koja ima vrednost 1. Prvi korak predstavlja upit koji proverava da li je širina pešačke staze veća ili jednaka širini od 3 m. Ako ovaj uslov nije ispunjen algoritam predlaže postavljanje biciklističke trake za svaki smer kretanja biciklista, uz desnu ivicu kolovoza. U suprotnom, sledi upit koji proverava postojanje drvoreda. Ukoliko je negativan odgovor ovog upita, algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke trake, odvojene ivičnjakom, uz levu ivicu pešačke staze. Ako je odgovor upita pozitivan, sledi provera postojanja mobilijara za pešake, na delu pešačkih staza.



U slučaju da mobilijar za pešake ne postoji, algoritam predlaže dvosmernu denivelisanu biciklističku stazu na delu pešačke staze. U suprotnom, predloženo rešenje predviđa postavljanje biciklističke trake uz desnu ivicu svake kolovozne trake, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom.

Zatim, sledi analiza saobraćajnog opterećenja. Kod analize magistralnih gradskih saobraćajnica algoritam proverava veličinu saobraćajnog opterećenja i dodaje mu određene oznake radi efikasnijeg rada. Saobraćajno opterećenje kod magistralnih saobraćajnica može biti [44]:

- Vrlo lako (i)
- Lako (j)
- Srednje (k)
- Teško (l)
- Vrlo teško (m)

Primenom switch-case upita algoritam analizira saobraćajno opterećenje i daje predlog tipa i pozicije biciklističke površine. Ukoliko je saobraćajno opterećenje vrlo lako ili lako (i ili j), predlaže se postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, obojene crvenom bojom. U suprotnom, ako je saobraćajno opterećenje srednje, teško ili vrlo teško (k, l, ili m), algoritam predlaže pozicioniranje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom i odvojene ivičnjakom na delu pešačke staze.

S obzirom na to da je algoritam dao preliminarno rešenje na osnovu prethodnih upita, uvedena je promenljiva "j". Ova promenljiva može imati vrednost 1 ili 2. Ukoliko je predloženo rešenje biciklistička traka, sledi da je $j = 1$, a ako rešenje predviđa postavljanje biciklističke staze, $j = 2$, slika 4.3.

Kada je predloženo rešenje biciklistička staza ($j = 2$), sledi upit koji proverava da li postoje javni objekti koji su povezani sa magistralnom saobraćajnicom. Javni objekti mogu biti svi objekti ka kojima gravitira veći broj ljudi, kao na primer: tržni centri, objekti kulture, parkovi, objekti gradske administracije itd. U slučaju postojanja ovih objekata, algoritam koriguje preliminarno rešenje i predlaže postavljanje dvosmerne biciklističke staze obojene crvenom bojom, sa one strane ulice gde su locirani javni objekti. Ova korekcija je moguća samo ukoliko prostor to dozvoljava, tako da ne ugrozi bezbednost bilo kog učesnika u saobraćaju.

Ako rešenje podrazumeva postavljanje biciklističke trake ($j = 1$), algoritam proverava postojanje trake za javni gradski prevoz [63]. Ukoliko ova traka postoji, algoritam vrši

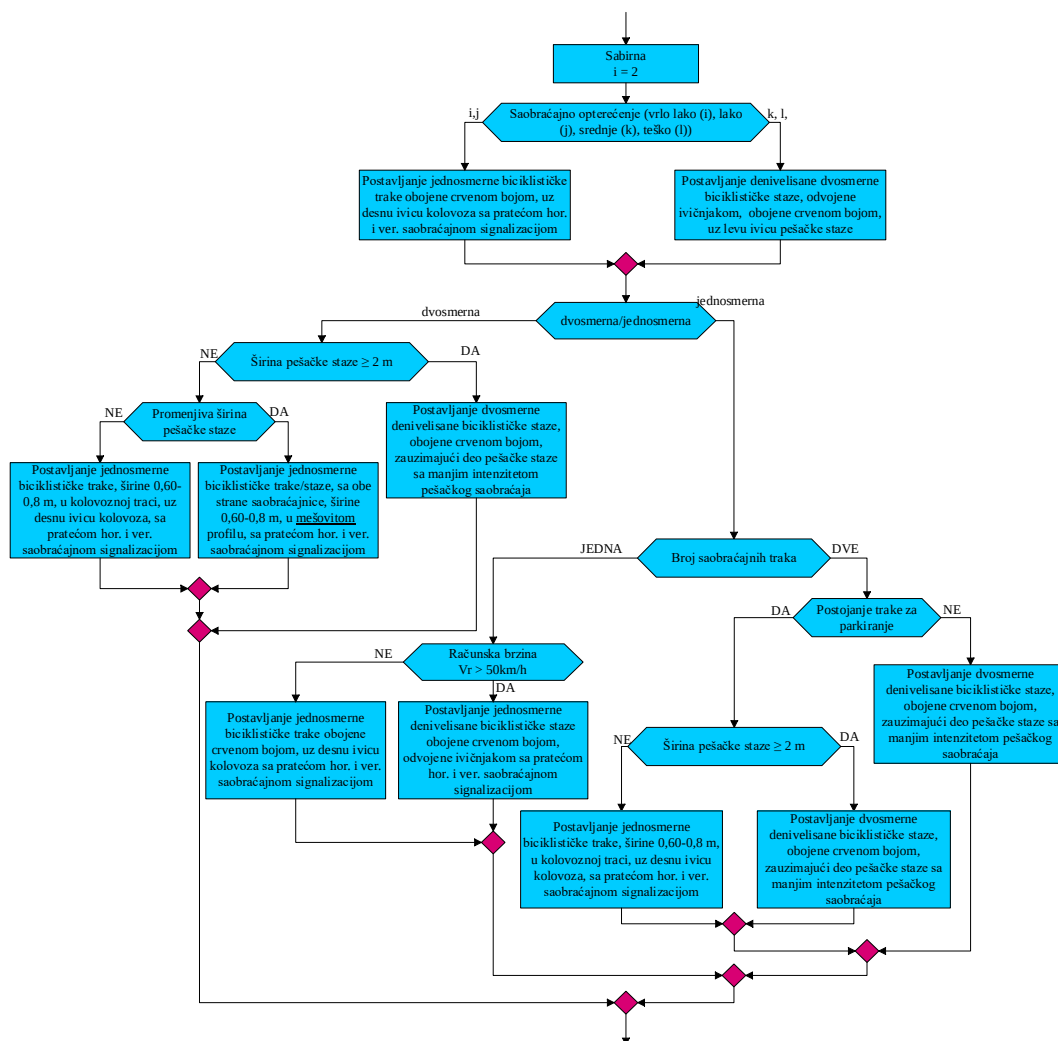


korekciju rešenja i predlaže postavljanje dvosmerne biciklističke staze odvojene ivičnjakom, uz levu ivicu pešačke staze. Kao što je ranije rečeno, magistralne saobraćajnice podrazumevaju kretanje motornih vozila većim brzinama. Iz razloga povećanja bezbednosti biciklista, uveden je upit koji potencijalno može izmeniti preliminarno rešenje. Ukoliko ne postoji traka za javni gradski prevoz, algoritam analizira računsku brzinu. Ako je računska brzina veća od 50 km/h, algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke staze odvojene ivičnjakom sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. U slučaju kada je računska brzina manja od 50 km/h, predlaže se postavljanje jednosmerne biciklističke trake obojene crvenom bojom, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom.

Nakon ovog koraka, podfaza analize magistralnih saobraćajnica je okončana.

4.2.3.2 Analiza sabirnih saobraćajnica

Sabirne ulice povezuju primarnu i sekundarnu putnu mrežu grada [51]. Takođe, one mogu opsluživati razne sadržaje koji su povezani sa sabirnom ulicom. Primenom algoritma analiziraju se geometrijski elementi poprečnog profila sabirnih ulica u posebnoj podfazi treće faze. Na slici 4.4 prikazan je deo treće faze koji se primenjuje za analizu sabirnih ulica.



Slika 4.4 III faza - analiza sabirne ulice

Kada promenljiva "i" ima vrednost 2, algoritam počinje ovu podfazu. Prvi upit predstavlja analizu saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje koje se razmatra za sabirne ulice može biti:

- Vrlo lako (i),
- Lako (j),
- Srednje (k),
- Teško (l).



Ukoliko je saobraćajno opterećenje analizirane ulice vrlo lako ili lako (i ili j), algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, čija površina je obojena crvenom bojom. U suprotnom, ako je saobraćajno opterećenje srednje ili teško (k ili l), predloženo rešenje podrazumeva postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze odvojene ivičnjakom, na delu pešačke staze.

Zatim sledi upit ispituje da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Ukoliko je ulica jednosmerna naredni upit proverava broj saobraćajnih traka. Ako jednosmerna sabirna ulica sadrži samo jednu saobraćajnu traku, sledi provera računske brzine. Ukoliko je računaska brzina veća od 50 km/h, algoritam predlaže postavljanje jednosmerne denivelisane biciklističke staze, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. U suprotnom, predlaže se postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, obeležene crvenom bojom. Segment algoritma koji ispituje širinu pešačke staze sa istim upitom ponavlja se nekoliko puta u ovoj podfazi.

Ukoliko ulica poseduje dve saobraćajne trake, naredni upit proverava da li postoje trake za parkiranje motornih vozila. Ako je odgovor ovog upita pozitivan, sledi naredni korak koji određuje da li je širina pešačkih staza veća ili jednaka širini od 2 m. Ukoliko je odgovor na ovaj upit negativan, predlaže se preliminarno rešenje koje podrazumeva postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza. U suprotnom preliminarno rešenje predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom. Preporuka je da staza bude locirana na onoj strani ulice koja ima manji intenzitet pešačkog saobraćaja. U slučaju da ne postoje trake za parkiranje motornih vozila, algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze.

Kada je reč o dvosmernoj sabirnoj ulici, prvi upit ispituje da li je širina pešačkih staza veća ili jednaka od 2 m. Ako je odgovor pozitivan, algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze na delu pešačke staze sa nižim intenzitetom pešačkog saobraćaja. Radi povećanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju, kao deo rešenja, preporuka je da se biciklistička površina oboji crvenom bojom.

U suprotnom, ako je širina pešačke staze manja ili jednaka širini od 2 m, sledi upit kojim se utvrđuje da li je širina pešačkih staza promenljiva ili konstantna na celoj dužini analizirane deonice. U slučaju da je širina pešačkih staza promenljiva, algoritam predlaže primenu mešovitog profila. Zapravo, predlaže primenu jednosmerne biciklističke staze na onom delu pešačke staze gde ima dovoljno prostora za nesmetano odvijanje biciklističkog i pešačkog saobraćaja, uz mogućnost postavljanja biciklističkih traka tamo gde staza nije moguća.



Biciklističke trake biće izvedene uz desnu ivicu kolovoza, na onoj deonici saobraćajnice gde ne postoji dovoljna širina pešačkih staza za nesmetano odvijanje pešačkog i biciklističkog saobraćaja.

Ukoliko je širina pešačkih staza konstantna na celoj deonici koja se analizira, algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.

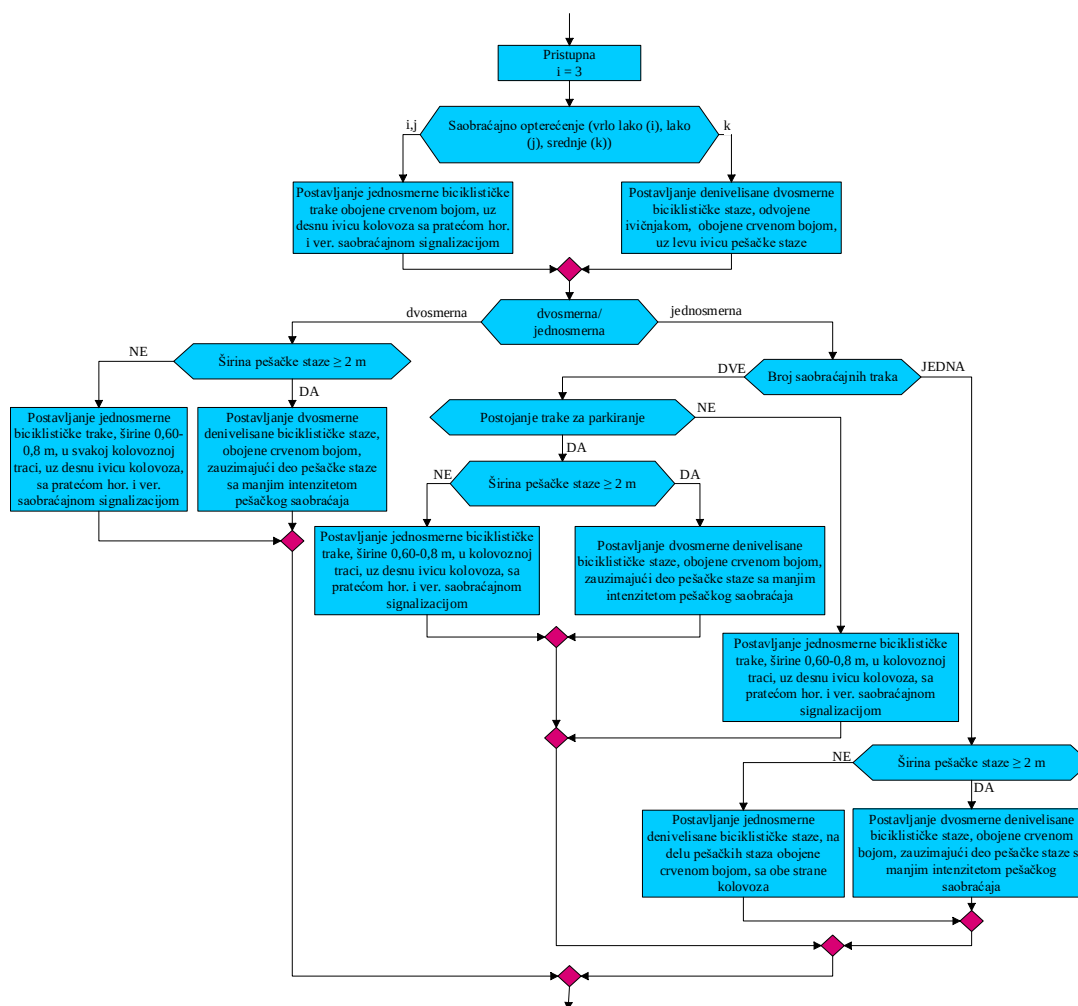
4.2.3.3 Analiza pristupnih saobraćajnica

Pristupne saobraćajnice spadaju u sekundarnu putnu mrežu jednog urbanog područja [51]. Njihova funkcija je da obezbede pristup sadržajima koji su povezani sa njima, ali i da obezbede saobraćajnu povezanost sa ostalim ulicama sekundarne putne mreže grada.

Podfaza algoritma koja analizira geometrijske elemente pristupnih saobraćajnica, uslovljena je vrednošću promenljive “i”, koja za ovu kategoriju ulica mora imati vrednost 3 (slika 4.5).

U prvom koraku algoritam ispituje saobraćajno opterećenje pristupne ulice i ono može biti vrlo lako (i), lako (j) ili srednje (k). Ukoliko je saobraćajno opterećenje vrlo lako ili lako (i ili j), algoritam predlaže postavljanje biciklističke trake, obojene crvenom bojom, uz desnu ivicu kolovoza. U suprotnom, ako je srednje saobraćajno opterećenje (k), predloženo rešenje podrazumeva postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, odvojene ivičnjakom, na delu pešačke staze. Naredni korak predstavlja ispitivanje da li je pristupna ulica jednosmerna ili dvosmerna. Ukoliko je jednosmerna, algoritam proverava da li sadrži jednu ili dve saobraćajne trake. Ako sadrži jednu saobraćajnu traku, sledi upit kojim se proverava da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Ako jeste, predloženim rešenjem predviđa se postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze. Ukoliko je širina pešačkih staza manja od 2 m, preliminarno rešenje algoritma nalaže

postavljanje jednosmerne denivelisane biciklističke staze obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze.



Slika 4.5 III faza - analiza pristupne ulice

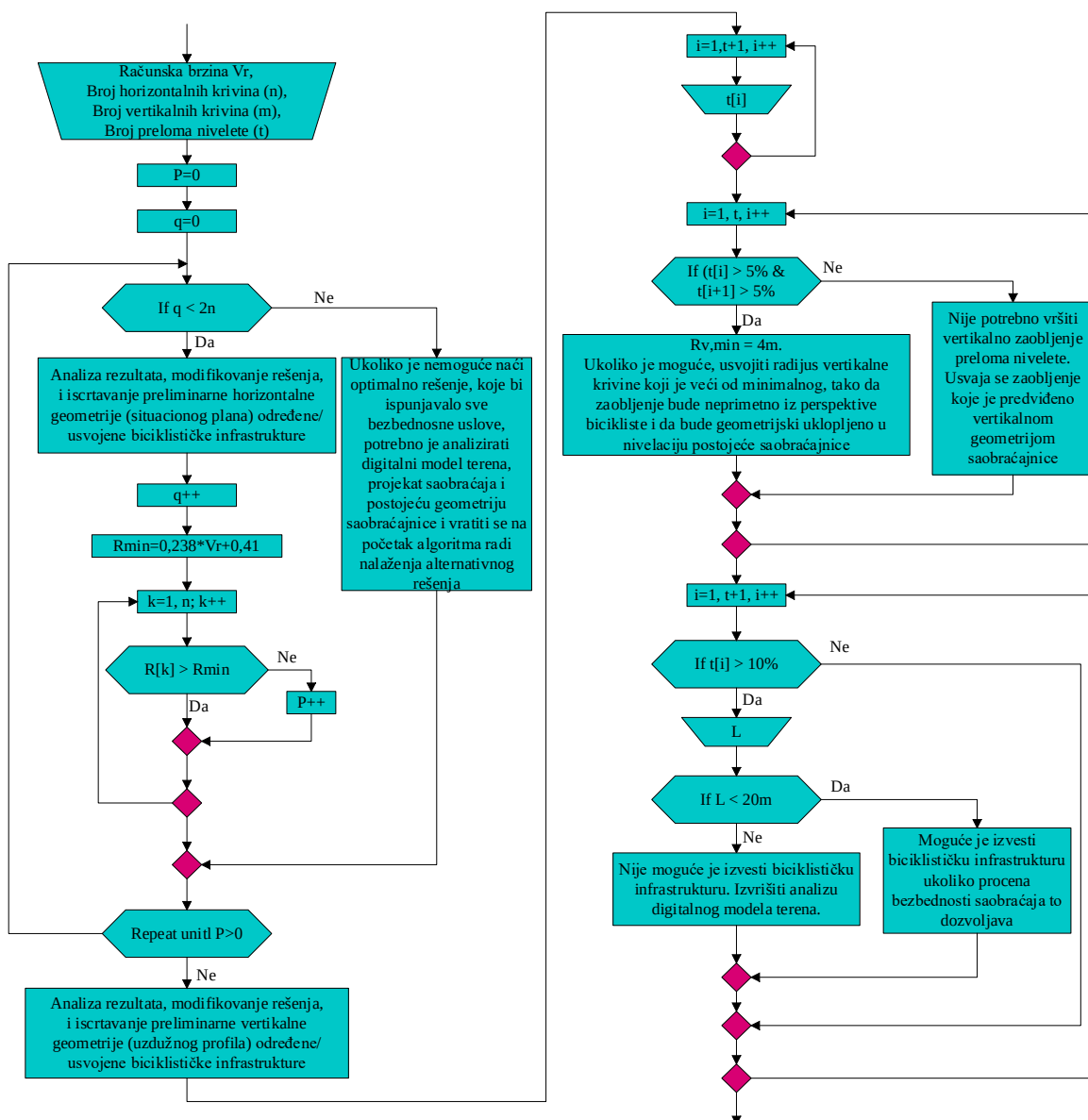
U slučaju da je pristupna ulica jednosmerna i da poseduje dve saobraćajne trake, sledi upit koji proverava da li postoji traka za parkiranje motornih vozila na kolovozu. Ukoliko je odgovor na ovaj upit negativan, algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, na delu kolovozne trake uz desnu ivicu kolovoza. Ako postoji traka za parkiranje na delu kolovoza, sledi upit koji proverava da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Ukoliko jeste, preliminarno rešenje predviđa postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze. U suprotnom, algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, na delu površine kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza.

U slučaju da se radi o dvosmernoj pristupnoj saobraćajnici, prvi upit algoritma utvrđuje da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Ako je odgovor ovog upita pozitivan, algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom, na

delu površine pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja. U suprotnom, rešenje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake na delu svake kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom.

4.2.4 Faza IV

Osim geometrijskih elemenata poprečnog profila, za određivanje pozicije biciklističkih površina, jako bitnu ulogu imaju situacioni plan i podužni profil gradske saobraćajnice. U četvrtoj fazi algoritam se nadovezuje na preliminarno rešenje prethodne faze i analizira situacioni plan i podužni profil ulice. Na slici 4.6 prikazana je četvrta faza algoritma.



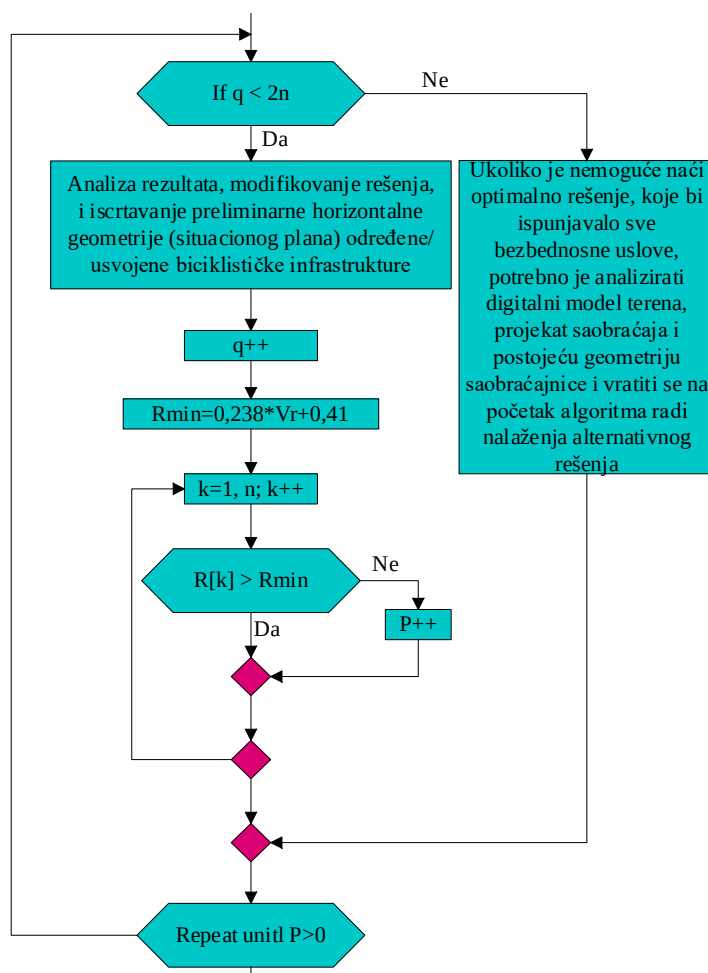
Slika 4.6 IV faza - analiza geometrijskih elemenata situacionog plana i podužnog profila saobraćajnice

Ulazni podaci ove faze su računaska brzina (V_r), broj horizontalnih (n) i vertikalnih zaobljenja nivelete (m) i broj preloma nivelete u vertikalnom smislu (t). Na samom početku uvedene su promenljive P i q . Inicijalne vrednosti ovih promenljivih su:

- $P=0$
- $q = 0$

Promenljiva P predstavlja broj horizontalnih krivina sa poluprečnikom manjim od minimalne vrednosti. Ova promenljiva je uvedena radi efikasnijeg rada i traženja optimalnog rešenja.

Promenljiva q je uvedena kao brojač iteracija “while” petlje. Radi brže analize radijusa horizontalnih krivina primenjena je “repeat-until” petlja. Na slici 4.7 prikazan je segment faze IV koji analizira pomenute geometrijske elemente situacionog plana, primenom ugnježđenih petlji.



Slika 4.7 IV faza - analiza situacionog plana saobraćajnice



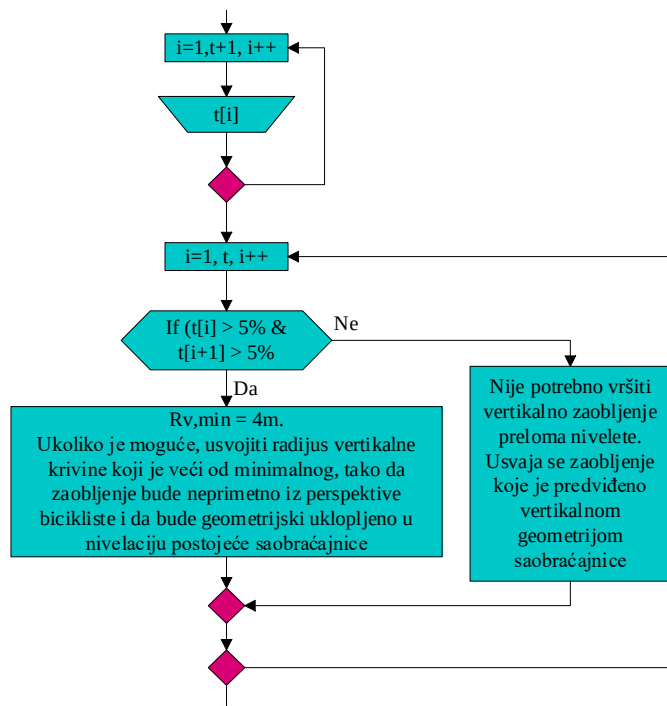
Petlja “repeat-until” sadrži uslov $P > 0$, tj. petlja se ponavlja sve dok je broj horizontalnih krivina sa poluprečnikom manji od minimalne vrednosti, veći od 0. Na samom početku ove petlje, javlja se upit $q < 2n$, gde n predstavlja broj horizontalnih krivina. Kako bi se eliminisala mogućnost pojave beskonačne petlje uveden je pomenuti uslov koji prekida analizu ukoliko broj iteracija (q) premaši broj horizontalnih krivina pomnožen brojem 2 ($2n$). Ako je to slučaj, algoritam predlaže analizu digitalnog modela terena, analizu projekta saobraćaja, pregled postojeće geometrije saobraćajnice i povratak na početak algoritma radi ponavljanja analize. U suprotnom analiza se nastavlja sa prvim korakom iscrtavanja preliminarog rešenja položaja biciklističke površine iz prethodne faze. Potom, brojač q povećava svoju vrednost za 1 ($q++$) i računa se minimalna vrednost poluprečnika horizontalnih krivina, predložene biciklističke površine, u zavisnosti od računске brzine, prema formuli:

$$R_{\min} = 0.238 \cdot V_r + 0.41 \quad [46]$$

Zatim, primenom naredne “for” petlje, koja se kreće u rasponu od 1 do n , upoređuje se vrednost svakog radijusa horizontalnih krivina pojedinačno sa minimalnom vrednošću, koja je izračunata u prethodnom koraku. Zapravo, ova petlja ima onoliko ponavljanja koliko ima horizontalnih krivina. Ukoliko se pojavi radijus sa manjom vrednošću od minimalne, promenljiva P povećava svoju vrednost za 1 ($P++$).

Potom se analiziraju rezultati i vrše modifikacije preliminarog rešenja, ukoliko je to neophodno.

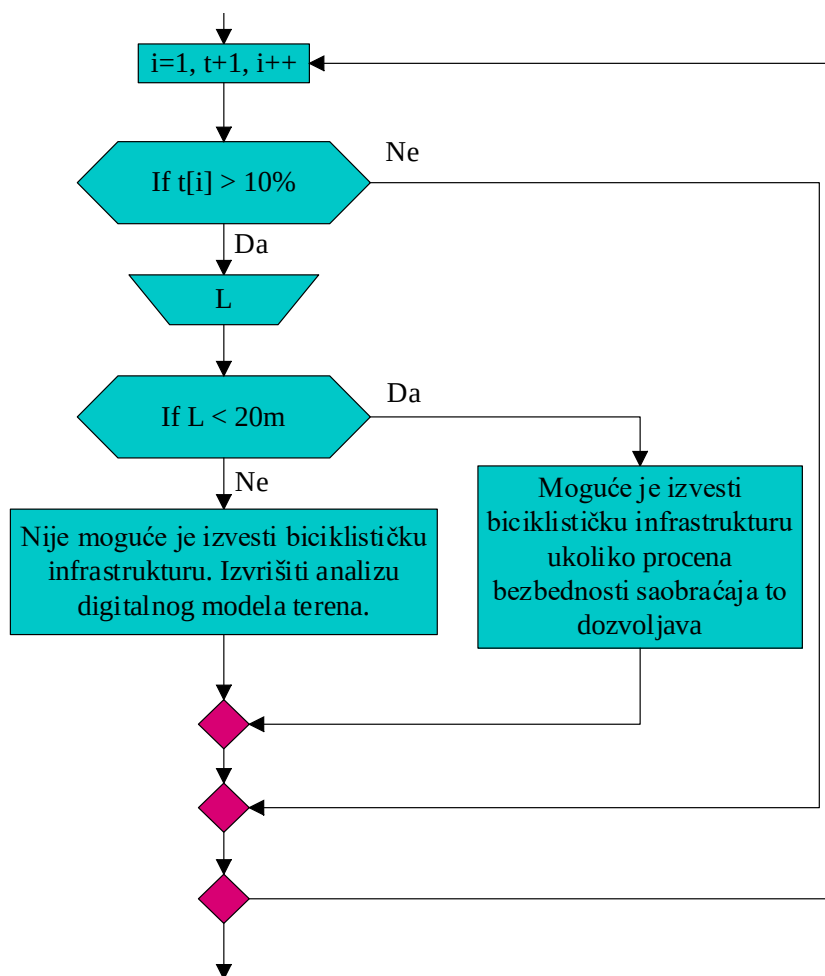
U sledećem delu četvrte faze algoritam analizira poluprečnike vertikalnih zaobljenja i upoređuje ih sa minimalnom vrednošću, koja iznosi $R_{v,min} = 4 \text{ m}$ (slika 4.8).



Slika 4.8 IV faza - analiza vertikalnih zaobljenja

S obzirom na to da je potreba za korekcijom zaobljenja nivelete uslovljena vrednostima njenih podužnih nagiba, primenjen je niz elemenata koji predstavljaju podužne nagibe nivelete [38], kako bi se analizirala svaka vertikalna krivina pojedinačno. Ovaj niz se formira, pojedinačnim unošenjem vrednosti podužnih nagiba nivelete, primenom “for” petlje, koja se kreće u rasponu od 1 do $t+1$, gde t predstavlja broj preloma nivelete. Po završetku unosa elemenata i formiranja niza, primenom naredne “for” petlje, algoritam ispituje da li dva uzastopna podužna nagiba nivelete imaju pojedinačnu vrednost veću od vrednosti nagiba od 5%. Ukoliko je uslov ispunjen i dva uzastopna nagiba imaju vrednost veću od pomenute, algoritam nalaže usvajanje radijusa vertikalne krivine koji je veći od minimalne zadate vrednosti. U suprotnom, ako uslov nije ispunjen, nije potrebno vršiti bilo kakvu dodatnu korekciju zaobljenja nivelete.

Poslednji segment četvrte faze predstavlja analizu podužnih nagiba nivelete, korišćenjem ranije formiranog niza, (slika 4.9).



Slika 4.9 IV faza - analiza podužnih nagiba nivelete

Primenom naredne “for” petlje algoritam prolazi kroz niz i proverava pojedinačno da li svaka vrednost podužnog nagiba nivelete ima vrednost veću od 10%. Ovaj uslov formiran je sa aspekta vožnje bicikala u urbanim uslovima. Ukoliko je uslov ispunjen i nagib ima vrednost veću od 10%, unosi se dužina deonice L koja je u tom nagibu. Zatim, algoritam proverava da li je dužina deonice manja od 20 m. Ukoliko jeste, predloženo preliminarno rešenje se usvaja kao konačno, čime je rad algoritma završen. U suprotnom, algoritam zaključuje da je potrebno izvršiti dodatnu analizu digitalnog modela terena i geometrijskih elemenata trase.



4.3 Zaključak

Na osnovu detaljno razrađenih faza, opisani algoritam predstavlja pomoćni alat u vidu smernica prilikom projektovanja biciklističkih površina. S obzirom na njegovu logično podelu i međusobnu povezanost, omogućava sistematičnu analizu različitih kategorija gradskih saobraćajnica. Algoritam sprovodi svoju analizu uzimajući u obzir funkcionalnu kategoriju gradske saobraćajnice i njene geometrijske elemente, čime je omogućeno donošenje održivih rešenja biciklističke infrastrukture. Domen algoritma jasno definišu njegova ograničenja, čime je osigurana tačnost rezultata. Analiziranjem podataka po fazama omogućeno je formiranje preliminarog rešenja u skladu sa prostornim uslovima. Sagledavanjem dodatnih parametara u četvrtoj fazi, dodatno se unapređuje preciznost pozicioniranja biciklističkih površina [64] u okviru postojećeg profila gradske saobraćajnice.



5. PRIMENA ALGORITMA I DISKUSIJA

5.1 Uvod

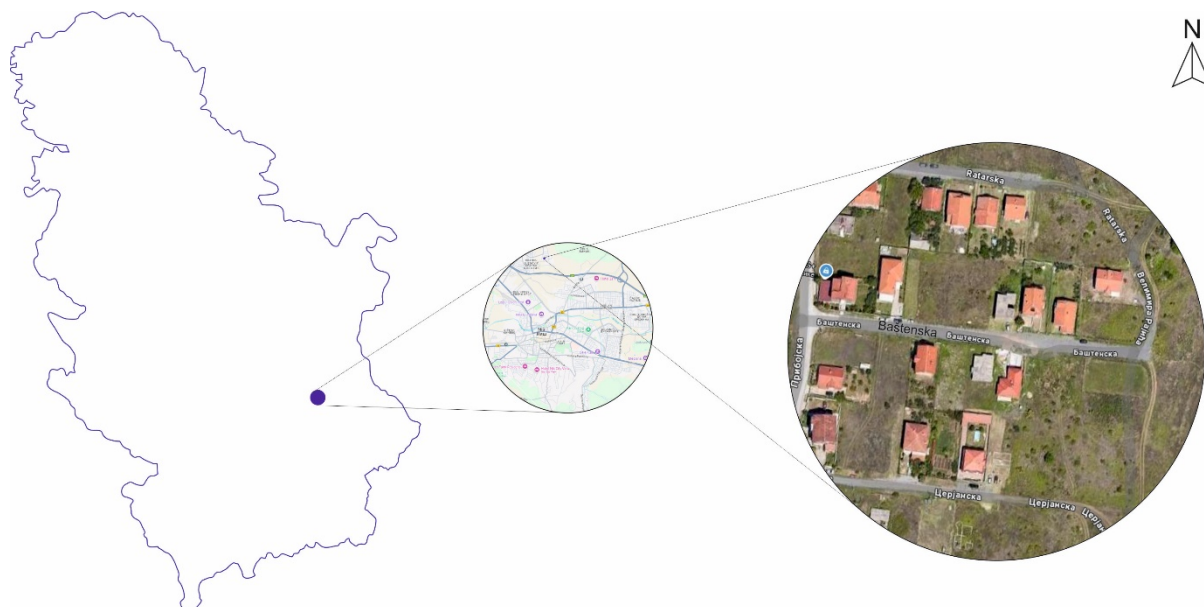
Rapidan urbani razvoj i povećanje broja stanovnika nameću potrebu za sistemskom analizom i planiranjem saobraćajne infrastrukture. Posebno je bitno uzeti u obzir sve vidove održive mobilnosti. Integracija biciklističkog saobraćaja, u okviru postojeće saobraćajne mreže, postala je veliki izazov u velikim urbanim centrima [12] [65]. Povećanje učešća biciklista u ukupnom saobraćajnom sistemu ima pozitivan uticaj na javno zdravlje i kvalitet vazduha [66]. Grad Niš suočen je sa velikim izazovom saobraćajnih gužvi i zagađenja vazduha. Radi povećanja efikasnosti i funkcionalnosti postojeće saobraćajne mreže, ali i radi očuvanja životne sredine, razvijen je algoritam koji na osnovu kategorije gradske saobraćajnice i njenih geometrijskih karakteristika predlaže pozicioniranje i tip biciklističke infrastrukture u okviru postojećeg profila ulice.

U ovom poglavlju biće analizirane gradske saobraćajnice sa teritorije grada Niša. Podaci o geometrijskim elementima ulica dobijeni su uvidom u projekte od strane Zavoda za urbanizam grada Niša. Biće sprovedena analiza 21 ulice različitih kategorija – magistralnih, sabirnih i pristupnih. Cilj analize jeste da se utvrdi mogućnost integracije biciklističkog saobraćaja u okviru postojeće saobraćajne mreže, čime se pruža mogućnost za napredak i održivost saobraćajnog sistema u Nišu.

5.2 Analiza pristupnih ulica

5.2.1 Baštenska ulica

Baštenska ulica spada u kategoriju pristupnih saobraćajnica. Nalazi se u Nišu, u naselju Branko Bjegović, Opština Crveni krst. Uvidom u projekat izvršeno je prikupljanje geometrijskih elemenata predmetne saobraćajnice. Ukupna dužina ulice iznosi 183,72 m. Sadrži 9 poprečnih profila. Prvi poprečni profil je na stacionaži km 0+007,50, a poslednji na km 0+175,00. Ova saobraćajnica povezuje ulicu Akademika Đorđa Lazarevića i ulicu Velimira Rajića. Na slici 5.1 je prikazana lokacija analizirane saobraćajnice.



Slika 5.1 Položaj Baštenske ulice

Pregledom situacionog plana i analizom horizontalne geometrije nisu uočene horizontalne krivine, odnosno ulica je, celom svojom dužinom u pravcu. Kolovoz čine dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer. Širina kolovoznih traka iznosi 3,5 m, pa je ukupna širina kolovoza 7,0 m. Sa obe strane kolovoza predviđene su pešačke staze, širine 2,0 m. Širina kolovoza i pešačkih staza je konstantna celom dužinom analizirane saobraćajnice. Situacioni plan Baštenske ulice prikazan je u prilogu 1.

Pešačke staze su odvojene položenim ivičnjakom dimenzija 18/24 cm. Ukupna denivelacija pešačkih staza, u odnosu na kolovoz, iznosi 6 cm. Kolovozna konstrukcija je fleksibilna, izrađena od bitumenom vezanih i nevezanih slojeva. Asfaltni slojevi su debljina 4 i 7 cm, za AB11s i BNS32, respektivno. Nevezani slojevi kolovozne konstrukcije izrađeni su od drobljenog kamenog agregata 0-31,5, debljine 26 cm. Poprečni nagib kolovoza je jednovodni, orijentisan je ka desnom ivičnjaku, u smeru rasta stacionaže. Njegova vrednost iznosi 2,5%. Poprečni nagib pešačkih staza orijentisan je ka osovini kolovoza i iznosi 2,0%. Krajnje tačke pešačkih staza definisane su regulacionom linijom. U prilogu 2 prikazan je karakteristični poprečni profil Baštenske ulice.

Na uzdužnom profilu saobraćajnice uočena su tri preloma nivelete. Prema tome, ulica sadrži tri vertikalne krivine, i to jednu konveksnu i dve konkavne. U pravcu rasta stacionaže, prva (konveksna) vertikalna krivina se nalazi na stacionaži km 0+015,06, druga na km 0+045,20 i treća na stacionaži km 0+120,13.



Radijusi vertikalnih krivina, u smeru rasta stacionaže, su:

- $R_{v1}=1200$ m,
- $R_{v2}=1500$ m,
- $R_{v3}=1200$ m,

Niveleta sadrži četiri podužna nagiba, i to:

- $i_1= 1,28$ %,
- $i_2= 0,50$ %,
- $i_3= 0,50$ %,
- $i_4= 6,00$ %,

U prilogu 3 prikazan je podužni profil analizirane saobraćajnice.

Nakon izvršene analize geometrijskih elemenata saobraćajnice, pristupa se algoritmu i njegovoj analizi. Kao što je ranije rečeno, radi se o pristupnoj ulici, pa je $i=3$. Prvi korak predstavlja analizu saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje Baštenske ulice je vrlo lako, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, obojene crvenom bojom, uz desnu ivicu kolovoza. S obzirom da je ulica dvosmerna, naredni korak ispituje širinu pešačkih staza. Baštenska ulica sadrži pešačke staze sa obe strane kolovoza, u širini od 2,0 m. S obzirom na to da širina pešačkih staza nije strogo veća od 2 m, algoritam predlaže pozicioniranje jednosmerne biciklističke trake, širine od 0,6 do 0,8 m, na delu svake kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Ovim korakom završena je analiza horizontalne i poprečne geometrije saobraćajnice.

Zatim, počinje analiza kompletne geometrije saobraćajnice. Ulazni podaci ovog dela algoritma su računaska brzina, broj vertikalnih krivina (m), broj horizontalnih krivina (n), broj preloma nivelete (t). Računaska brzina iznosi $V_r=50$ km/h. Broj horizontalnih krivina je $n=0$, a broj vertikalnih krivina iznosi $m=3$. Kao što je ranije rečeno, broj preloma nivelete je $t=3$. S obzirom da je saobraćajnica u pravcu i da nema horizontalnih krivina, deo algoritma koji vrši analizu radijusa horizontalnih krivina, se preskače. Potom, vrši se analiza vertikalnih krivina. Unose se podužni nagibi nivelete, u vidu niza, čiji redosled elemenata je jednak redosledu nagiba u smeru rasta stacionaže. Nakon ovog koraka, analiziraju vrednosti elemenata unetog niza, odnosno vrednosti uzastopnih nagiba. Ukoliko su bilo koja dva uzastopna nagiba veća od 5%, neophodno je izvršiti analizu radijusa vertikalnih krivina, uz napomenu da minimalno vertikalno zaobljenje iznosi $R_{v,min} = 4$ m. Ranije su navedene sve vrednosti podužnih nagiba nivelete i može se zaključiti da ne postoje dva uzastopna nagiba čija je vrednost 5%, pa nije potrebno vršiti vertikalno zaobljenje nivelete za potrebe izvođenja biciklističke infrastrukture.



U svakom slučaju, vrednosti radijusa vertikalnih krivina, analizirane saobraćajnice, imaju daleko veće vrednosti od minimalnih.

Po završetku ovog koraka, analiziraju se podužni nagibi nivelete i dužine deonice saobraćajnice koja ima određeni podužni nagib. Kao granična vrednost podužnog nagiba nivelete gradske saobraćajnice, uzima se maksimalna vrednost $i=10\%$. Ova analiza se sprovodi nad ranije unetim nizom, čiji elementi predstavljaju uzastopne nagibe nivelete. S obzirom na to da svi nagibi imaju vrednost manju od 10% , nije potrebno analizirati podužne nagibe nivelete i dužine njihovih deonice. Ovim korakom završena je analiza Baštenske ulice i usvojeno je preliminarno rešenje kao finalno. Odnosno, usvojeno rešenje predstavlja biciklističku traku za svaki smer na delu kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, praćenu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom. Izveštaj algoritma prikazan je u tabeli 5.1.

Tabela 5.1 Izveštaj analize Baštenske ulice

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Baštenska	
Dužina analizirane deonice:	183,72 m	
Saobraćajno opterećenje:	Vrlo lako	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	3,50 m	
Širina leve pešačke staze:	2,00 m	
Širina desne pešačke staze:	2,00 m	
Broj preloma nivelete:	3	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=1,28\%$, $i_2=0,5\%$, $i_3=0,5\%$, $i_4=6,0\%$	
Broj vertikalnih krivina:	3	
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=1200$ m, $R_{v2}=1500$ m, $R_{v3}=1200$ m	
Broj horizontalnih krivina:	0	
Radijusi horizontalnih krivina:	/	
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni	



Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	3
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.2 Ulica Jablaničkog odreda

Ulica Jablaničkog odreda nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Palilula. Uvidom u projekat, izvršena je analiza geometrijskih elemenata ove saobraćajnice. Ona spada u kategoriju pristupnih saobraćajnica. Na situacionom planu uočeno je 15 poprečnih profila. Poslednji poprečni profil je na stacionaži km+118,33 m, što je i ukupna dužina ulice. Saobraćajnica sadrži samo jednu horizontalnu krivinu, na stacionaži km 0+102,28, koja je orijentisana udesno. Radijus ove krivine iznosi 9,75 m. Na slici 5.2 je prikazan položaj ulice Jablaničkog odreda.



Slika 5.2 Položaj ulice Jablaničkog odreda

Saobraćajno uređenje predviđa da saobraćaj bude jednosmeran. Predmetna ulica poseduje jednu kolovoznu traku, sa jednom saobraćajnom trakom, čija širina iznosi 3,50 m. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Njihova širina je varijabilna i uslovljena uklapanjem sa regulacionom linijom. Minimalna širina leve pešačke staze iznosi 0,33 m, a maksimalna 1,59 m. Minimalna širina desne pešačke staze iznosi 0,79 m, a maksimalna 1,42 m. Predviđen je jednovodni nagib kolovoza, sa konstantnim poprečnim nagibom duž cele deonice, čija vrednost iznosi 2,50%. Poprečni nagib kolovozne površine orijentisan je ka desnoj ivici kolovoza, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Pešačke staze takođe imaju jednovodni nagib, orijentisan ka osovini kolovoza, čija vrednost iznosi 2,0%. U prilogu 4 predstavljen je situacioni plan ulice.

Na uzdužnom profilu analizirane ulice, može se uočiti samo jedna prelomna tačka nivelete, (prilog 5). Shodno tome, ulica ima samo jednu vertikalnu konveksnu krivinu. Radijus ove vertikalne krivine iznosi 1500 m. Niveleta sadrži dva podužna nagiba, čije su vrednosti:

- $i_1 = 4,66 \%$,
- $i_2 = 0,25 \%$.

Kolovozna konstrukcija spada u kategoriju fleksibilnih kolovoznih konstrukcija. Asfaltne slojeve čine dva sloja, od kojih habajući sloj čini asfaltbeton AB1 ls, a noseći sloj čini BNS32. Debljina habajućeg sloja iznosi 4 cm, dok je debljina nosećeg sloja 6 cm. Nevezane slojeve čine tamponski sloj debljine 15 cm i drobljeni kameni agregat debljine 20 cm. U prilogu 6 prikazan je karakterističan poprečni profil ulice Jablaničkog odreda.



Po završetku analize podataka o geometriji saobraćajnice, počinje unos i primena algoritma u cilju pozicioniranja biciklističke infrastrukture. S obzirom da je reč o pristupnoj ulici, sledi da je $i=3$ čime je definisan odabir grane algoritma koja se bavi analizom pomenute kategorije saobraćajnice. Prvi korak ovog dela analize jeste ispitivanje intenziteta saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice spada u kategoriju vrlo lakog. Zatim, algoritam ispituje da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Kao što je ranije rečeno, predviđeno je jednosmerno vođenje saobraćaja. Potom, određuje se broj saobraćajnih traka. S obzirom na to da ulica sadrži samo jednu kolovoznu traku, sa samo jednom saobraćajnom, algoritam nastavlja sa analizom širine pešačkih staza. Naredni upit proverava da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Širina pešačkih staza pojedinačno nije veća od definisane vrednosti, pa algoritam daje predlog preliminarog rešenja koje predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, širine od 0,6 do 0,8 m, na delu površine kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom. Prilikom analize predloženog rešenja, a u cilju veće bezbednosti učesnika u saobraćaju, projektant saobraćaja može predložiti bojenje biciklističke površine crvenom bojom.

Nakon okončanja ovog dela algoritma, vrši se analiza geometrijskih elemenata saobraćajnice, a ulazni parametri su:

- računsa brzina, čija vrednost je $V_r=30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=1$,
- broj vertikalnih krivina, $m=1$,
- broj preloma nivelete, $t=1$.

Zatim, algoritam ulazi u petlju koja analizira radijuse horizontalnih krivina saobraćajnice. Minimalna vrednost radijusa je definisana formulom [46] i iznosi $R_{\min}=7,55$ m. Kao što je ranije rečeno, predmetna saobraćajnica sadrži jednu horizontalnu krivinu, čiji radijus iznosi 9,75 m. Prema tome, uslov je ispunjen jer je projektovani radijus horizontalne krivine veći od minimalne vrednosti.

Nakon ove analize, vrši se unošenje podužnih nagiba nivelete, u vidu niza. Kada su nagibi uneti, algoritam proverava da li je potrebno vršiti vertikalno zaobljenje nivelete. Ukoliko su dva uzastopna nagiba veća od 5%, pojedinačno, onda se kontroliše da li je postojeći radijus vertikalne krivine veći od minimalnog, koji iznosi 4 m. Saobraćajnica sadrži dva podužna nagiba, čije su vrednosti manje od 5%, pa nije potrebno izvršiti vertikalno zaobljenje nivelete, tačnije, biciklistička infrastruktura će pratiti vertikalno zaobljenje ulice. Vrednost elemenata unetog niza podužnih nagiba se dalje ispituje sa aspekta uslova gradske vožnje bicikala, za

prosečnog biciklistu. Uslov ovog dela algoritma predstavlja upit koji ispituje da li je neki od podužnih nagiba veći od 10%. Vrednosti podužnih nagiba su manje od 10%, čime je okončana cela analiza. Algoritam usvaja preliminarno rešenje, koje je dato u tabeli 5.2.

Tabela 5.2 Izveštaj analize ulice Jablaničkog odreda

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Jablaničkog odreda	
Dužina analizirane deonice:	118,33 m	
Saobraćajno opterećenje:	Vrlo lako	
Smer kretanja vozila:	Jednosmerno	
Broj kolovoznih traka:	1	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	3,50 m	
Širina leve pešačke staze:	0,33 – 1,59 m (promenljiva)	
Širina desne pešačke staze:	0,79 – 1,42 m (promenljiva)	
Broj preloma nivelete:	1	
Podužni nagibi nivelete:	i ₁ =4,66%, i ₂ =0,25%	
Broj vertikalnih krivina:	1	
Radijusi vertikalnih krivina:	R _{v1} =1500 m	
Broj horizontalnih krivina:	1	
Radijusi horizontalnih krivina:	R ₁ =9,75	
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni	
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%	
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%	
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%	
PREDLOŽENO REŠENJE		
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka	
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno	
Lokacija:	Na kolovozu	

Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.3 Ulica Lazara Trifunovića

Ulica Lazara Trifunovića nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Pantelej slika 5.3. Spada u kategoriju pristupnih ulica. Ova saobraćajnica predviđena je za kretanje vozila u oba smera.



Slika 5.3 Položaj ulice Lazara Trifunovića

Sadrži 18 poprečnih profila, a ukupna dužina ulice je 147,00 m. Kolovoznu površinu čine dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer kretanja. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Širina pešačkih staza je promenljiva u funkciji dužine ulice, međutim, ova razlika je zanemarljivo mala. Za potrebe ove analize smatraće se da je



širina pešačkih staza konstantna na svim poprečnim profilima. Širina leve pešačke staze iznosi 1,50 m, a desne 1,55 m. Ulica je celom svojom dužinom u pravcu, što znači da ne sadrži horizontalne krivine (prilog 7). Poprečni nagib kolovoza je jednovodni, orijentisan udesno, posmatrano u smeru rasta stacionaže i iznosi 2,0%. Poprečni nagibi pešačkih staza, usmereni ka kolovozu, iznose 2,0% za obe staze. Pešačke staze su odvojene od kolovoza položenim betonskim ivičnjakom dimenzija 18/24, sa denivelacijom koja iznosi 6 cm.

Analizom uzdužnog profila uočene su četiri tačke preloma nivelete, (prilog 8). Prema tome, saobraćajnica sadrži četiri vertikalne krivine, od kojih su dve konkavne i dve konveksne. Radijusi vertikalnih zaobljenja su sledeći:

- $R_1=150$ m (konkavna, na stacionaži km 0+007,06)
- $R_2=230$ m (konveksna, na stacionaži km 0+020,96)
- $R_3=120$ m (konveksna, na stacionaži km 0+133,41)
- $R_4=100$ m (konkavna, na stacionaži km 0+142,53)

Podužni nagibi nivelete su:

- $i_1= 2,34$ %,
- $i_2= 6,51$ %,
- $i_3= 0,73$ %,
- $i_4= 4,66$ %,
- $i_5= 7,39$ %,
- $i_6= 0,32$ %.

Kolovozna konstrukcija predmetne ulice spada u kategoriju fleksibilnih i sačinjena je od asfaltnih i nevezanih slojeva, i to:

Habajući sloj mešavine AB11s, debljine 5 cm,

Noseći sloj mešavine BNS32, debljine 7 cm,

Tamponski sloj 0-31,5, debljine 20 cm,

Sloj drobljenog kamenog agregata, debljine 30 cm.

U prilogu 9 prikazan je karakteristični poprečni profil ulice Lazara Trifunovića.

S obzirom da se radi o pristupnoj ulici, sledi da je $i=3$. Prvi korak ovog dela algoritma predstavlja analizu saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice svrstano je u kategoriju lakog saobraćajnog opterećenja, nakon čega algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, obojene crvenom bojom, uz desnu ivicu kolovoza. Saobraćajnim uređenjem predviđeno je kretanje vozila u oba smera. Nakon provere saobraćajnog uređenja ulice, algoritam dalje analizira da li je širina pešačkih staza veća od 2

m. Obe pešačke staze imaju širinu manju od 2 m, pa nakon ovog koraka algoritam daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake, širine između 0,6 i 0,8 m, na delu svake kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom.

Zatim, algoritam počinje sa analizom geometrijskih elemenata. Iz ranije izvedene analize preuzeti su ulazni podaci za dalje korake, a to su:

- računsa brzina, čija vrednost je $V_r=50$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=4$,
- broj preloma nivelete, $t=4$.

S obzirom da je $n=0$, odnosno da nema horizontalnih krivina, preskače se petlja koja analizira vrednosti radijusa horizontalnih krivina. Nakon ovog koraka, unose se vrednosti podužnih nagiba u vidu numeričkog niza. Zatim, ispituju se vrednosti dva uzastopna člana niza, tj. vrednosti dva uzastopna nagiba. Ukoliko su obe vrednosti pojedinačno veće od 5%, onda se kontrolišu radijusi vertikalnih zaobljenja nivelete. Iako postoje podužni nagibi koji su veći od 5%, ne postoje dva uzastopna nagiba pojedinačno veća od 5%. Iz ovog uslova algoritam predlaže da nije potrebno vršiti vertikalno zaobljenje nivelete biciklističke infrastrukture, tj. da se zadržavaju vertikalna zaobljenja postojeće saobraćajnice.

Poslednji deo algoritma ispituje da li su podužni nagibi nivelete veći od 10%. Nijedna vrednost podužnih nagiba nije veća od 10%. Nakon ovog koraka, algoritam usvaja preliminarno rešenje pozicioniranja biciklističke infrastrukture ulice Lazara Trifunovića, koje je prikazano u tabeli 5.3.

Tabela 5.3 Izveštaj analize ulice Lazara Trifunovića

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Lazara Trifunovića	
Dužina analizirane deonice:	147,00 m	
Saobraćajno opterećenje:	Lako	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	

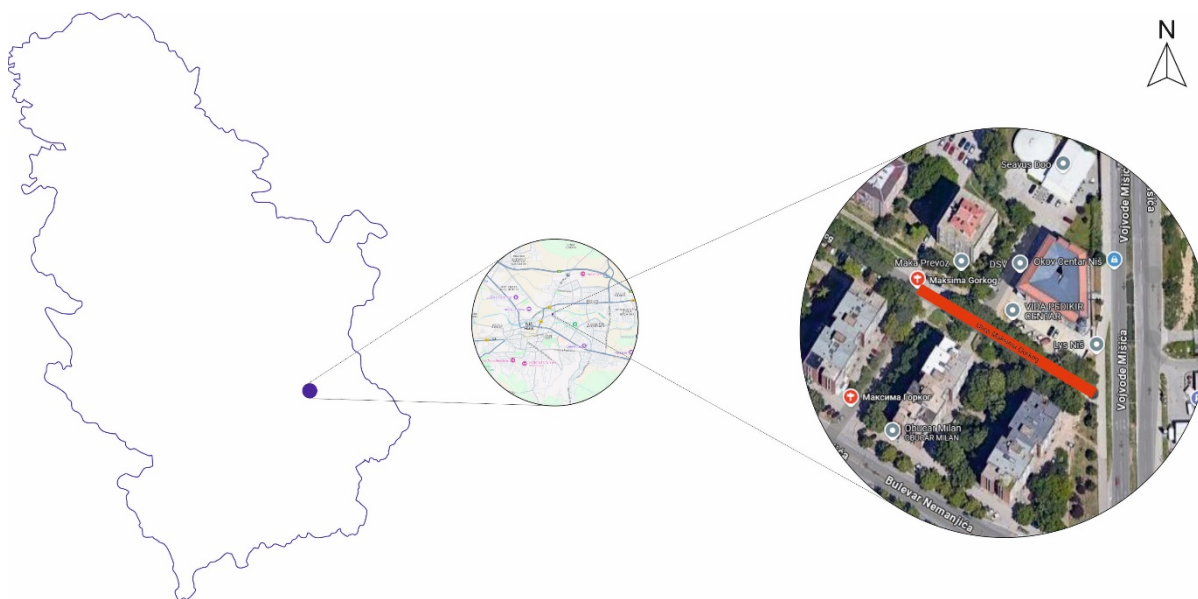


Širina saobraćajne trake:	3,50 m
Širina leve pešačke staze:	1,50 m
Širina desne pešačke staze:	1,55 m
Broj preloma nivelete:	4
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=2,34\%$, $i_2=6,51\%$, $i_3=0,73\%$, $i_4=4,66\%$, $i_5=7,39\%$, $i_6=0,32\%$
Broj vertikalnih krivina:	4
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=150$ m, $R_{v2}=230$ m, $R_{v3}=120$ m, $R_{v3}=100$ m
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	4
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom

Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom
----------------------------	--

5.2.4 Ulica Maksima Gorkog

Ulica Maksima Gorkog nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Medijana, (slika 5.4). Ukupna dužina ulice iznosi 76,87 m, sadrži 14 poprečnih profila i spada u grupu pristupnih ulica. Saobraćaj se odvija u jednom smeru.



Slika 5.4 Položaj ulice Maksima Gorkog

Kolovoz se sastoji od jedne kolovozne trake, sa jednom saobraćajnom trakom, širine 2,75 m. U okviru kolovoza predviđena je i traka za parkiranje, širine 2,25 m, smeštena uz desnu ivicu kolovoza posmatrano u smeru rasta stacionaže. Ova saobraćajnica nema pešačke staze, niti horizontalne krivine. U prilogu 10 prikazan je situacioni plan ulice Maksima Gorkog, koji je deo idejnog rešenja.

Kolovozna konstrukcija je fleksibilna i sastoji se od asfaltnih i nevezanih slojeva. Asfaltne slojeve čine habajući sloj AB11s i noseći sloj BNS32. Nevezane slojeve čine tamponski sloj debljine 15 cm i sloj drobljenog kamenog agregata debljine 25 cm. Poprečni nagib kolovoza iznosi 2,0%, jednovodne je orijentacije i usmeren ka desnoj ivici, posmatrano u smeru rasta stacionaže. U prilogu 11 prikazan je karakterističan poprečni profil ulice.

Na uzdužnom profilu može se uočiti da je niveleta prelomljena samo u jednoj tački (prilog 12). Formirano vertikalno zaobljenje predstavlja konkavnu vertikalnu krivinu na stacionaži km 0+048,08, sa radijusom od 1500 m. Niveleta ima dva podužna nagiba, čije su vrednosti:

- $i_1 = 0,14 \%$,

- $i_2 = 1,16 \%$.

Nakon pregleda geometrijskih elemenata saobraćajnice, može se pristupiti analizi primenom algoritma. S obzirom na to da se radi o pristupnoj saobraćajnici, $i=3$. Prvi korak predstavlja analizu saobraćajnog opterećenja. Ulica Maksima Gorkog ima vrlo lako saobraćajno opterećenje, pa algoritam predlaže rešenje koje podrazumeva postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom. Neophodno je naglasiti da je predmetna ulica predviđena za jednosmerni saobraćaj i za parkiranje na kolovozu. Potom, algoritam određuje broj saobraćajnih traka. Iako postoji traka za parkiranje, ona se ne smatra saobraćajnom trakom, pa ova saobraćajnica sadrži samo jednu saobraćajnu traku. Posle ovog koraka sledi provera da li je širina pešačkih staza veća ili jednaka širini od 2 m. Kao što je ranije rečeno, analizirana ulica ne poseduje pešačke staze, tj. algoritam smatra da je njihova širina je 0, pa predlaže preliminarno rešenje koje predstavlja pozicioniranje jednosmerne biciklističke trake širine od 0,6 do 0,8 m, na delu kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza.

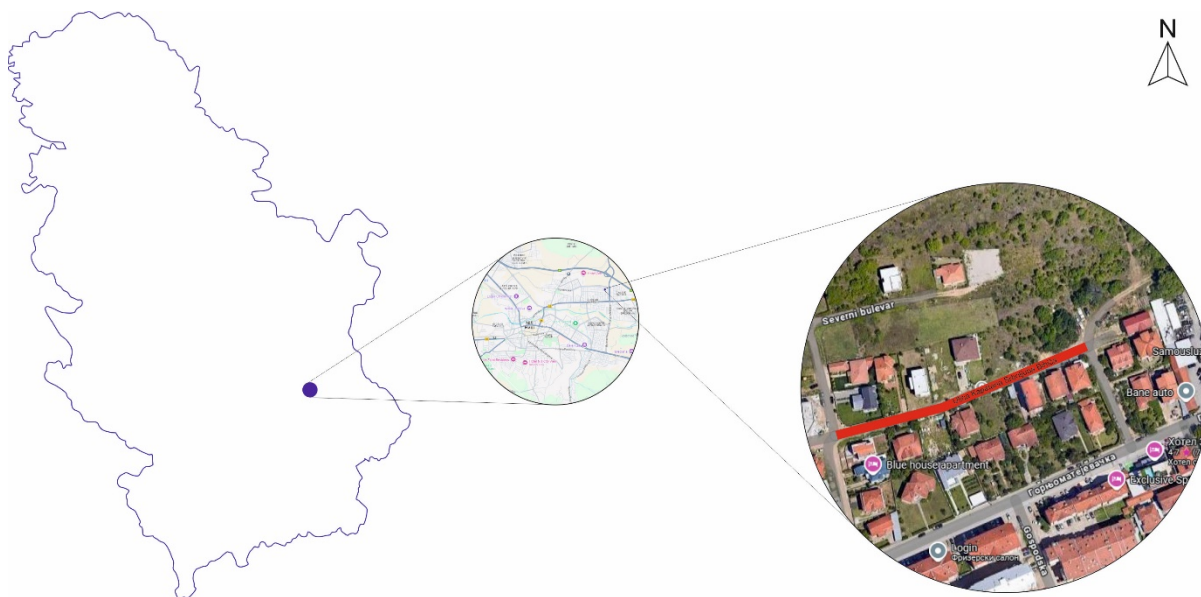
Potrebno je podsetiti da je uz desnu ivicu kolovoza smeštena traka za parkiranje, (slika 5.5), pa bi biciklistička traka mogla biti smeštena samo uz desnu ivicu saobraćajne trake. Ovo preliminarno rešenje ne bi bilo dobro sa aspekta bezbednosti biciklista u saobraćaju. Iz navedenog obrazloženja, analizirana saobraćajnica, sa postojećim uređenjem saobraćaja, nije pogodna za pozicioniranje biciklističke infrastrukture i dalja analiza neće biti sprovedena.



Slika 5.5 Položaja trake za parkiranje, sa parkiranim vozilima ulice Maksima Gorkog.

5.2.5 Ulica Kapetana Srboljuba Bihića

Ulica Kapetana Srboljuba Bihića nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Pantelej, (slika 5.6). Pregledom idejnog projekta, ulica sadrži 16 poprečnih profila, a njena dužina iznosi 160,57 m, što je ujedno i stacionaža poslednjeg profila. Ova ulica pripada kategoriji pristupnih saobraćajnica. Prema saobraćajnom uređenju predviđeno je dvosmerno vođenje saobraćaja.



Slika 5.6 Položaj ulice Kapetana Srboljuba Bihića

Ukupna širina kolovoza je 5,5 m. Kolovoz sadrži dve saobraćajne trake, po jednu za svaki smer kretanja. Sa obe strane kolovoza predviđene su pešačke staze. Razlika širine pešačkih staza je zanemarljiva, pa se može usvojiti da je širina konstantna celom dužinom deonice, a njena vrednost iznosi 1,5 m.

Poprečni nagib kolovoza iznosi 2% i ostaje konstantan na čitavoj deonici. Orijentacija poprečnog nagiba je udesno, ka desnoj ivici kolovoza, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Pešačke staze odvojene su položenim ivičnjakom dimenzija 18/24 cm i denivelisane su, u odnosu na kolovoz, za 6 cm. Poprečni nagib pešačkih staza iznosi 2% i orijentisan je ka kolovozu. Pregledom situacionog plana, prikazanog u prilogu 13, uočena je samo jedna horizontalna krivina, poluprečnika 378,75 m, na stacionaži km 0+034,36. Ova horizontalna krivina orijentisana je ulevo, posmatrano u smeru rasta stacionaže.

Analizom uzdužnog profila (prilog 14), ova ulica sadrži dve tačke preloma nivelete. Svaka tačka preloma predstavlja teme vertikalnog zaobljenja.



Prvo vertikalno zaobljenje predstavlja konkavnu vertikalnu krivinu, dok drugo predstavlja konveksnu. Konkavna krivina se nalazi na stacionaži km 0+092,84, a konveksna na km 0+132,78. Vrednosti poluprečnika vertikalnih krivina su:

- $R_1 = 1600$ m,
- $R_2 = 800$ m.

Gledano u smeru rasta stacionaže, predmetna saobraćajnica je u konstantnom usponu, a podužni nagibi nivelete su:

- $i_1 = 0,35\%$,
- $i_2 = 3,53\%$,
- $i_3 = 1,52\%$.

Kolovoznu konstrukciju čine asfaltni zastor i slojevi od nevezanog materijala. Asfaltne slojeve čine habajući sloj AB11s, debljine 4 cm i noseći sloj BNS 32 debljine 6 cm. Sloj od nevezanog materijala predstavlja drobljeni kameni agregat, debljine 15 cm. U prilogu 15 prikazan je karakteristični poprečni profil analizirane saobraćajnice.

Nakon analize svih geometrijskih elemenata, počinje algoritamska provera. S obzirom na to da se radi o pristupnoj ulici, $i=3$. Prvi korak predstavlja provera saobraćajnog opterećenja. Analizirana ulica ima vrlo lako saobraćajno opterećenje, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, obojene crvenom bojom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Zatim, sledeći upit proverava da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. S obzirom da je dvosmerna, sledeći korak jeste provera da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Pojedinačna širina pešačkih staza iznosi 1,5 m, čime se ovaj upit završava, a algoritam daje preliminarno rešenje pozicioniranja biciklističke površine [67], a to je: postavljanje jednosmerne biciklističke trake, čija širina može biti u rasponu od 0,6 do 0,8 m, na delu svake kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.

Po završetku ove faze, algoritam dalje analizira geometrijske elemente ulice. Ulazni podaci su:

- računsa brzina, čija vrednost je $V_r = 30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=1$,
- broj vertikalnih krivina, $m=2$,
- broj preloma nivelete, $t=2$.

Kao prvi korak ove faze jeste analiza horizontalnih krivina. Algoritmom je definisana minimalna vrednost radijusa horizontalnih krivina biciklističke infrastrukture, koji zavisi od računске brzine [46]. Time algoritam računa minimalnu vrednost radijusa, koja iznosi 7,55 m.

Kao što je ranije rečeno, ulica Kapetana Srboljuba Bihića ima samo jedno horizontalno zaobljenje nivelete, poluprečnika $R=378,75$ m. Ova vrednost je veća od minimalne određene vrednosti, čime se kontrola radijusa horizontalnih krivina završava.

Nakon okončanja ovog dela, sledi unos podužnih nagiba nivelete kao elemenata niza. Potom, ulaskom u petlju, algoritam proverava da li su pojedinačne vrednosti, dva uzastopna nagiba, veće od 5%. Ukoliko bi pojedinačna vrednost dva uzastopna nagiba bila veća od 5%, algoritam bi upoređivao radijuse vertikalnih krivina sa minimalnim. U ovoj analizi to neće biti slučaj, jer su vrednosti svih podužnih nagiba manje od 5%. Iz ovog koraka sledi da nije potrebno vršiti vertikalno zaobljenje nivelete, odnosno, da će biciklistička infrastruktura preuzeti vertikalna zaobljenja nivelete ulice.

U poslednjem koraku algoritam proverava da li postoji podužni nagib nivelete čija je vrednost veća od 10% i, ukoliko postoji, onda proverava dužinu deonice na kojoj je taj nagib. Nijedan podužni nagib nije veći od 10%, pa se ovim korakom završava algoritamska analiza i usvaja predloženo rešenje, koje je prikazano u tabeli 5.4.

Tabela 5.4 Izveštaj analize ulice Kapetana Srboljuba Bihića

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Kapetana Srboljuba Bihića	
Dužina analizirane deonice:	160,57 m	
Saobraćajno opterećenje:	Vrlo lako	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	2,75 m	
Širina leve pešačke staze:	1,50 m	
Širina desne pešačke staze:	1,50 m	
Broj preloma nivelete:	2	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=0,35\%$, $i_2=3,53\%$, $i_3=1,52\%$	



Broj vertikalnih krivina:	2
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=1560$ m, $R_{v2}=800$ m
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	$R_1=378,75$ m
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	4
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.6 Ulica Save Kovačevića

Ulica Save Kovačevića nalazi se na teritoriji opštine Crveni krst (slika 5.7) i spada u kategoriju pristupnih ulica. Uvidom u projekat uočeno je da celokupna dužina ulice nije obuhvaćena projektom, zbog problema pravno-imovinske prirode. Zbog toga, analizom biće podvrgnut samo onaj deo ulice koji je obuhvaćen projektom.



Slika 5.7 Položaj ulice Save Kovačevića

Ukupna dužina analizirane deonice iznosi 172,23 m i sadrži osam poprečnih profila. Projektom saobraćaja predviđeno je jednosmerno kretanje vozila. Na situacionom planu, (prilog 16), uočeno je pet preloma ose kolovoza i pet horizontalnih krivina, tri leve i dve desne orijentacije. Radijusi horizontalnih krivina su sledeći:

- $R_1=250$ m,
- $R_2=150$ m,
- $R_3=50$ m,
- $R_4=300$ m,
- $R_5=300$ m.

S obzirom da se radi o jednosmernoj ulici, kolovoznu površinu čini jedna kolovozna traka, sa jednom saobraćajnom trakom. Širina kolovoza iznosi 3,5 m. Zbog karakterističnog položaja regulacione linije, pešačkih staza nema. Poprečni nagib kolovoza iznosi 2,5 procenata, orijentisan je udesno, u smeru rasta stacionaže. Vrednost poprečnog nagiba je konstantna celom dužinom analizirane deonice. Kolovoz je oivičen položenim ivičnjakom dimenzija 18/24 cm, sa denivelacijom koja iznosi 6 cm.



Na uzdužnom profilu uočeno da niveleta, u vertikalnom smisu, poseduje tri tačke preloma, pa samim tim i tri vertikalne krivine, od kojih su dve konkavne i jedna konveksna (prilog 17). Radijusi vertikalnih zaobljenja su sledeći:

- $R_1=750$ m (konkavna, na stacionaži km 0+020,17),
- $R_2=2000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+043,99),
- $R_3=2000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+110,58).

Niveleta sadrži četiri podužna nagiba, čije vrednosti su:

- $i_1= 1,98$ %,
- $i_2= 0,30$ %,
- $i_3= 0,65$ %,
- $i_4= 0,50$ %.

Kolovozna konstrukcija spada u grupu fleksibilnih i sastoji se od asfaltnih i nevezanih slojeva (prilog 18). Habajući sloj čini asfaltna mešavina AB11s, debljine 4 cm, dok noseći sloj čini mešavina BNS32. Nevezani slojevi sačinjeni su iz tamponskog sloja šljunak, debljine 15 cm i sloja drobljenog kamenog agregata debljine 20 cm.

Nakon uvida u projekat predmetne saobraćajnice, stvoreni su uslovi za primenu algoritma. Kao što je ranije napomenuto, analizirana saobraćajnica spada u kategoriju pristupnih, prema tome $i=3$. Zatim, sledi provera intenziteta saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje analizirane ulice spada u kategoriju lakog, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Nakon ovog koraka, sledi upit koji ispituje da li je predviđeno jednosmerno ili dvosmerno odvijanje saobraćaja. Ulica je jednosmerna, pa algoritam dalje nastavlja sa ispitivanjem broja saobraćajnih traka. S obzirom da postoji samo jedna saobraćajna traka, naredni upit proverava da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Kao što je ranije naglašeno, ulica nema pešačkih staza. U ovom slučaju, algoritam smatra da je širina pešačkih staza 0 m, tj. odgovor na postavljeni upit je negativan. Po završetku ovog koraka, algoritam daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Potom, sledi analiza celokupne geometrije predmetne saobraćajnice. Iz ranije sprovedene analize prikupljeni su neophodni podaci:

- računska brzina, $V_r=30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=5$,
- broj vertikalnih krivina, $m=3$,



- broj preloma nivelete, $t=3$.

Prvi korak predstavlja analizu horizontalne geometrije, tačnije analiza radijusa horizontalnih krivina. Na osnovu računске brzine algoritam računa minimalni radijus horizontalnih krivina i njegova vrednost iznosi 7,55 m. Zatim sledi petlja koja upoređuje vrednosti svake horizontalne krivine sa minimalnom. Po završetku ove petlje, algoritam je ustanovio da ne postoje horizontalne krivine čije vrednosti poluprečnika imaju manju vrednost od minimalne.

Nakon ovog koraka, sledi analiza radijusa vertikalnih zaobljenja. Formira se niz i unose se njegovi članovi. Članovi pomenutog niza predstavljaju redom vrednosti podužnih nagiba nivelete, posmatrano u smeri rasta stacionaže. U ovom konkretnom slučaju, niz sadrži četiri člana. Zatim, članovi niza prolaze kroz petlju koja upoređuje vrednosti svaka dva uzastopna člana niza i proverava da li vrednosti prelaze vrednost podužnog nagiba od 5%. Nijedna vrednost podužnog nagiba nije veća od 5%, čime algoritam predlaže da potencijalna biciklistička infrastruktura preuzme vertikalnu geometriju analizirane saobraćajnice.

Algoritam zatim prelazi na analizu podužnih nagiba nivelete i dužina deonice saobraćajnice pod određenim nagibom. Iz uslova gradske vožnje bicikala postavljen je uslov koji ispituje da li postoji neki član niza koji ima vrednost veću od 10%. Svi podužni nagibi imaju vrednost manju od 10%, čime algoritam završava svoju analizu i usvaja predloženo rešenje, koje je dato u tabeli 5.5.

Tabela 5.5 Izveštaj analize ulice Save Kovačevića

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:		Ulica Save Kovačevića
Dužina analizirane deonice:		172,23 m
Saobraćajno opterećenje:		Lako
Smer kretanja vozila:		Jednosmerno
Broj kolovoznih traka:		1
Broj saobraćajnih traka po smeru:		1
Širina saobraćajne trake:		3,50 m
Širina leve pešačke staze:		0 m (ne postoji)
Širina desne pešačke staze:		0 m (ne postoji)



Broj preloma nivelete:	3
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=1,98\%$, $i_2=0,30\%$, $i_3=0,65\%$, $i_4=0,50\%$.
Broj vertikalnih krivina:	3
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=750$ m, $R_{v2}=2000$ m, $R_{v3}=2000$ m.
Broj horizontalnih krivina:	5
Radijusi horizontalnih krivina:	$R_1=250$ m, $R_2=150$ m, $R_3=50$ m, $R_4=300$ m, $R_5=300$ m
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	/
Poprečni nagib desne pešačke staze:	/
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	5
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	3
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.7 Ulica Vojvode Vuka

Ulica Vojvode Vuka nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Medijana. Spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica. Podaci korišćeni za ovu analizu prikupljeni su analizom grafičke dokumentacije iz projekta za izvođenje. Na slici 5.8 prikazan je tačan položaj ulice. Predviđeno je jednosmerno vođenje saobraćaja.



Slika 5.8 Položaj ulice Vojvode Vuka

Dužina analizirane deonice iznosi 86,64 m, što predstavlja i stacionažu desetog, ujedno poslednjeg, poprečnog profila. Pregledom situacionog plana primećeno je da je ulica u pravcu i da nema horizontalnih krivina (prilog 19). Kolovoz ove ulice sastoji se od jedne kolovozne trake koja sadrži dve saobraćajne. Neophodno je napomenuti, s obzirom na to da se ulica nalazi u samom gradskom jezgru, projektom saobraćaja je jedna saobraćajna traka prenamenjena u traku za paralelno parkiranje motornih vozila. Ona se nalazi na levoj strani kolovoza, posmatrano u smeru rasta stacionaže.

Širina saobraćajnih traka iznosi 2,5 m, pa je širina kolovoza 5 m. Poprečni nagib kolovoza je jednovodni, orijentisan ulevo i iznosi 2,0%. Vrednost ovog poprečnog nagiba je konstantna celom dužinom deonice. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze promenljive širine. Širina leve pešačke staze kreće se u rasponu od 1,81 do 3,29 m, dok širina desne pešačke staze od 2,14 do 2,35 m. Kao specifičnost ove ulice, potrebno je reći da su na nekim delovima pešačkih staza postavljene rampe za kolski prilaz okolnim objektima. Poprečni nagib pešačkih staza iznosi 2,0% i orijentisan je ka kolovozu. Pešačke staze odvojene su od kolovoza ivičnjacima dimenzija 12/18 cm i denivelacijom koja iznosi 6 cm.



Na uzdužnom profilu ove ulice primećena je jedna tačka preloma nivelete, u vertikalnom smislu (prilog 20). Ova tačka predstavlja i teme konveksnog vertikalnog zaobljenja, čiji radijus iznosi $R=12007,5$ m. Niveleta sadrži samo dva podužna nagiba, čije vrednosti iznose:

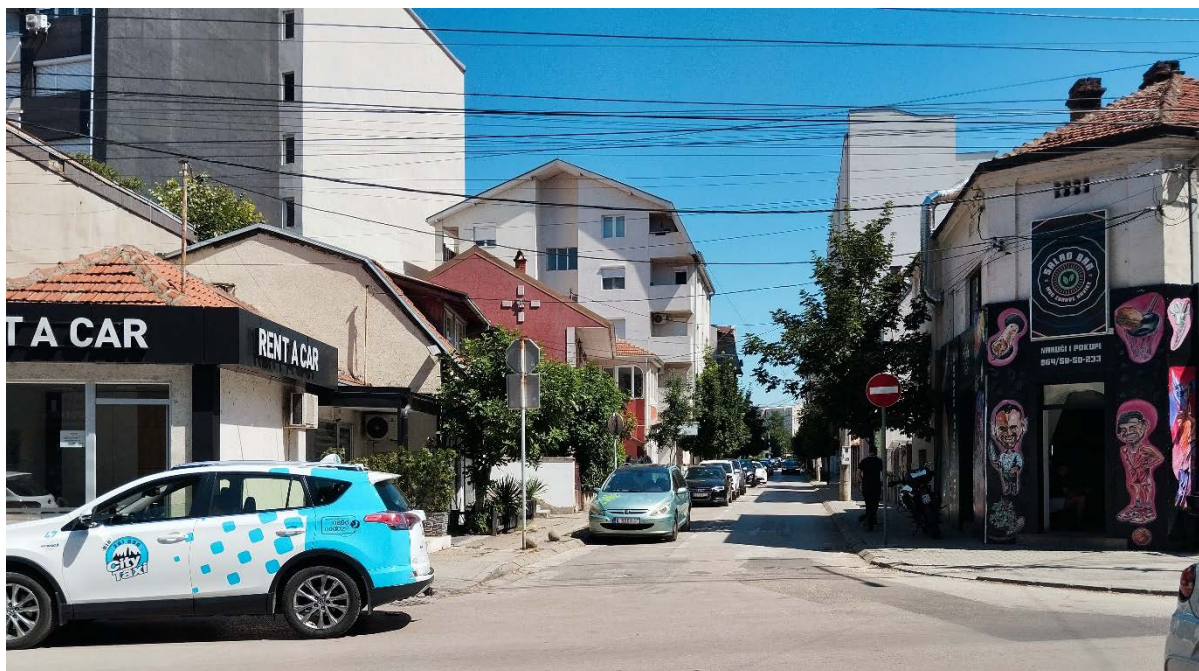
- $i_1 = 0,58$ %,
- $i_2 = 0,33$ %.

Kolovoznu konstrukciju čine asfaltni i nevezani slojevi. Asfaltne slojeve čine habajući sloj izrađen od asfaltne mešavine AB11s u debljini od 4 cm i noseći sloj mešavine BNS32, debljine 7 cm. Nevezani slojevi sastoje se od tamponskog sloja debljine 15 cm i sloja drobljenog kamenog agregata debljine 30 cm. U prilogu 21 prikazan je karakterističan poprečni profil ulice Vojvode Vuka.

Nakon unošenja prikupljenih podataka, algoritam može početi sa analizom. Ulica Vojvode Vuka spada u kategoriju pristupnih saobraćajnica, pa je $i=3$. Potom, sledi analiza saobraćajnog opterećenja. Ulica Vojvode Vuka ima saobraćajno opterećenje koje spada u kategoriju vrlo lakog, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake obojene crvenom bojom, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Sledeći korak ove faze ispituje da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. S obzirom da se radi o jednosmernoj ulici, sledi upit koji proverava koliko saobraćajnih traka ima. Kao što je ranije rečeno, postoje dve saobraćajne trake, pa algoritam dalje nastavlja sa proverom da li postoji traka za parkiranje vozila. Projektom saobraćaja predviđeno je paralelno parkiranje motornih vozila u traci za parkiranje. Zatim, sledi provera širine pešačkih staza. Algoritam ispituje da li su širine pešačkih staza veće od 2 m. Širina pešačkih staza je promenljiva i na određenim delovima analizirane deonice ima širinu manju od 2 m. Na kraju ovog upita algoritam daje preliminarno rešenje pozicije biciklističke trake koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake širine 0,6-0,8 m, na delu saobraćajne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.

Iz bezbednosnih razloga, zbog postojanja trake za paralelno parkiranje vozila, rešenje koje je algoritam predložio nije dobro, čime se njegova analiza ovde završava. Krajnja desna tačka saobraćajne trake graniči se sa trakom za parkiranje, što može dovesti do ugrožavanja

bezbednosti svih učesnika u saobraćaju, a posebno biciklista. Na slici 5.9 je prikazana analizirana ulica.



Slika 5.9 Položaj trake za parkiranje u ulici Vojvode Vuka

5.2.8 Fruškogorska ulica

Fruškogorska ulica spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica. Nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Pantelejev. Saobraćajnim uređenjem predviđeno je jednosmerno odvijanje saobraćaja. Na slici 5.10 prikazana je tačna lokacija predmetne ulice.



Slika 5.10 Položaja Fruškogorske ulice

Pregledom projekta za izvođenje, izvršeno je prikupljanje neophodnih podataka za algoritamsku analizu. Ulica sadrži 15 poprečnih profila. Međutim, poslednja dva profila obuhvataju lokalno proširenje nepoznate namene. Ovo proširenje nalazi se uz železničku prugu i povezano je na lokalni zemljani put. Iz tog razloga poslednja dva profila ulice neće biti predmet analize, jer nije poznata priroda i razlog pomenutog proširenja. Ukupna dužina analizirane deonice iznosi 210,23 m, što predstavlja i stacionažu poslednjeg profila. Na situacionom planu nisu uočene horizontalne krivine i cela ulica je u pravcu (prilog 22).

Kolovoz čini jedna kolovozna traka, sa jednom saobraćajnom trakom, širine 3,5 m. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Zbog specifičnog položaja regulacione linije, pešačke staze su promenljivih širina. Širina leve pešačke staze kreće se u rasponu vrednosti od 0,56 do 7,17 m, dok širina desne pešačke staze je od 1,00 do 2,56 m. Poprečni nagib kolovoza je jednovodni, orijentisan je ka desnoj ivici i iznosi 2,5%. Poprečni nagib pešačkih staza orijentisan je ka kolovozu i iznosi 2,0%. Pešačke staze su odvojene betonskim ivičnjakom dimenzije 18/24 cm, sa denivelacijom od 6 cm.

Pregledom uzdužnog profila saobraćajnice uočene su dve tačke preloma nivelete, koje su ujedno i temena vertikalnih zaobljenja nivelete (prilog 23). Niveleta ima dve vertikalne krivine radijusa:

- $R_1=245,4$ m (konveksna, na stacionaži km 0+007,04),
- $R_2=13087,7$ m (konveksna, na stacionaži km 0+160,12).

Podužni nagibi nivelete, posmatrano u smeru rasta stacionaže, su:

- $i_1= 1,40$ %,
- $i_2= -1,47$ %,
- $i_3= -1,96$ %.

Kolovoznu konstrukciju čine asfaltni slojevi i slojevi od nevezanog materijala. Asfaltni slojeve čine habajući sloj, izrađen od asfaltne mešavine AB11s, debljine 4 cm i noseći sloj mešavine BNS32, debljine 7 cm. Nevezane slojeve čine tamponski sloj 0-31,5 debljine 15 cm i sloj drobljenog kamenog agregata, debljine 30 cm. U prilogu 24 prikazan je karakteristični poprečni profil Fruškogorske ulice.

Unošenjem podataka, počinje analiza algoritmom. Fruškogorska ulica spada u kategoriju pristupnih saobraćajnica, pa odatle sledi da je $i=3$. Prvi korak upit predstavlja proveru intenziteta saobraćajnog opterećenja. Saobraćajnom opterećenje predmetne ulice spada u kategoriju lakog saobraćajnog opterećenja. S obzirom da se radi o jednosmernoj ulici, algoritam dalje ispituje koliko ima saobraćajnih traka. Kao što je ranije napisano, ulica



posедуje samo jednu saobraćajnu traku. Sledeći upit proverava da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. S obzirom na to da je širina pešačkih staza nije konstantna, odgovor na ovaj upit je negativan. Po okončanju ovog koraka, algoritam daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake, širine od 0,6 do 0,8 m, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom.

Nakon završetka ove faze, algoritam počinje narednu fazu analize geometrijskih elemenata saobraćajnice. Potrebni ulazni podaci ove faze su:

- računsa brzina, $V_r=30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=2$,
- broj preloma nivelete, $t=2$.

Prvi korak predstavlja kontrolu radijusa horizontalnih krivina, sa aspekta minimalne vrednosti poluprečnika horizontalnog zaobljenja nivelete biciklističke infrastrukture. Fruškogorska ulica je celom analiziranom deonicom u pravcu, pa se ovaj korak odmah završava.

Sledeći korak predstavlja unos vrednosti podužnih nagiba nivelete u niz, radi lakše provere i dalje analize. Zatim, algoritam primenjuje petlju kako bi prošao kroz niz i uporedio da li postoje dve uzastopne vrednosti elemenata koje pojedinačno premašuju nagib od 5%. U analizi ove ulice to nije slučaj, pa bi potencijalna biciklistička infrastruktura preuzela vertikalnu geometriju saobraćajnice.

Dalja analiza niza predstavlja proveru da li postoji nagib čija vrednost premašuje vrednost od 10%. Ukoliko bi to bio slučaj, analizirala bi se dužina deonice pod takvim nagibom, sa aspekta uslova gradske vožnje bicikala. Nijedan podužni nagib nema vrednost koja premašuje 10%, čime se analiza završava. Algoritam usvaja predloženo rešenje kao konačno i formira se izveštaj prikazan u tabeli 5.6.

Tabela 5.6 Izveštaj analize Fruškogorske ulice

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Fruškogorska	
Dužina analizirane deonice:	210,23 m	
Saobraćajno opterećenje:	Lako	
Smer kretanja vozila:	Jednosmerno	



Broj kolovoznih traka:	1
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1
Širina saobraćajne trake:	3,50 m
Širina leve pešačke staze:	0,56 – 7,17 m (promenljiva)
Širina desne pešačke staze:	1,0 – 2,56 m (promenljiva)
Broj preloma nivelete:	2
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = 1,40\%$, $i_2 = -1,47\%$, $i_3 = -1,96\%$
Broj vertikalnih krivina:	2
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1} = 245,4$ m, $R_{v2} = 13087,70$ m
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom

Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom
----------------------------	--

5.2.9 Ulica 9. brigade

Ulica 9. brigade nalazi se na teritoriji grada Niša, u opštini Medijana i spada u kategoriju pristupnih saobraćajnica (slika 5.11). Projektom saobraćajnog uređenja predviđeno je odvijanje dvosmernog saobraćaja. Uvidom u projekat izvršeno je prikupljanje podataka, neophodnih za rad algoritma.



Slika 5.11 položaja ulice 9. brigade

Ukupna dužina ulice iznosi 570,42 m i sadrži 29 poprečna profila. Pregledom situacionog plana (prilog 25), uočena je samo jedna horizontalna krivina, čiji poluprečnik iznosi 10 m.

Kolovozna površina sastoji se od dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer kretanja. Širina kolovoza od stacionaže km 0+000 (profil 1) do stacionaže km 0+099,97 (profil 8) iznosi 5 m, dok od osmog profila pa do kraja deonice širina kolovoza iznosi 6 m. Prema tome, do osmog profila širina saobraćajne trake iznosi 2,5 m, a do kraja deonice iznosi 3,0 m. Poprečni nagib kolovozne površine je konstantan celom dužinom analizirane deonice. On je dvovodno orijentisan, a vrednost poprečnog nagiba iznosi 2,5%. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze, čiji je poprečni nagib orijentisan ka kolovozu i čija je vrednost 2,0%. Posmatrano u smeru rasta stacionaže, leva pešačka staza je promenljive širine i njena širina se kreće u rasponu od 2,85 do 4,80 m. Širina desne pešačke staze takođe nije konstantna celom dužinom deonice i ona se kreće u rasponu od 2,00 do 6,50 m. Na delu

desne pešačke staze nalazi se drvodred. S obzirom da se predmetna ulica nalazi u samom gradskom jezgru, na desnoj pešačkoj stazi nalaze se bašte ugostiteljskih objekata. Neophodno je napomenuti da je na levoj pešačkoj stazi predviđeno paralelno parkiranje vozila. Pešačke staze odvojene su od kolovoza betonskim ivičnjakom, dimenzija 18/24 cm, a ukupna denivelacija, u odnosu na kolovoznu površinu, iznosi 15 cm.

Analizom uzdužnog profila (prilog 26) uočeno je šest vertikalnih krivina, od kojih su dve konveksne i četiri konkavne. Vrednosti radijusa vertikalnih krivina su:

- $R_1=2000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+014,67),
- $R_2=15000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+059,05),
- $R_3=1000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+097,96),
- $R_4=1000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+131,92),
- $R_5=74173,90$ m (konkavna, na stacionaži km 0+213,87),
- $R_6=200$ m (konkavna, na stacionaži km 0+566,06).

Posmatrano u smeru rasta stacionaže, vrednosti podužnih nagiba su:

- $i_1= -0,42$ %,
- $i_2= -0,73$ %,
- $i_3= -0,39$ %,
- $i_4= -1,83$ %,
- $i_5= -0,22$ %,
- $i_6= 1,44$ %.

Kolovoz čini fleksibilna kolovozna konstrukcija. Asfaltni slojevi kolovozne konstrukcije sastoje se od habajućeg sloja, mešavine AB11s, debljine 4 cm i nosećeg sloja BNS32, debljine 8 cm. Nevezane slojeve čine tamponski sloj 0-31,5, debljine 15 cm i sloj drobljenog kamenog agregata, debljine 30 cm. S obzirom na to da je širina kolovoza primenljiva, u prilogu 27 prikazana su dva karakteristična poprečna profila analizirane ulice.

Nakon analize projekta, prikupljeni su svi neophodni podaci za rad algoritma. Ulica 9. brigade spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica, prema tome $i=3$. Prvi upit proverava intenzitet saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice spada u grupu srednjeg saobraćajnog opterećenja i algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, odvojene ivičnjakom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Dalje, algoritam ispituje da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Kao što je ranije rečeno, predmetna ulica je predviđena za dvosmerno kretanje vozila. Potom, algoritam ispituje da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Širina obe pešačke staze pojedinačno jeste



veća od zadate granične vrednosti, pa algoritam daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja. Ovo rešenje bi se odnosilo na levu pešačku stazu, na kojoj je predviđeno paralelno parkiranje vozila. Ukoliko predlog ovog rešenja bude usvojen, ulično parkiranje bi moralo biti uklonjeno sa leve pešačke staze. Zatim, sledi analiza geometrijskih elemenata saobraćajnice.

Ulazni podaci ove faze su:

- računsa brzina, $V_r=50$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=1$,
- broj vertikalnih krivina, $m=6$,
- broj preloma nivelete, $t=6$.

Prvi korak predstavlja analizu horizontalne geometrije, tačnije analizu poluprečnika horizontalnih krivina. Na osnovu računsa brzine, algoritam računa minimalnu vrednost radijusa horizontalnog zaobljenja biciklističke infrastrukture. Za brzinu od 50 km/h, minimalna vrednost radijusa iznosi 12,30 m. Ulica ima samo jedno horizontalno zaobljenje, čija vrednost radijusa iznosi 10 m. Zapravo, horizontalna krivina ima poluprečnik od 10 m, ali u osovini kolovoza. S obzirom da je osovina biciklističke staze na delu leve pešačke staze, koja je dalja od centra horizontalne krivine za širinu saobraćajne trake (2,50 m) i polovine širine biciklističke staze (0,60 m), sledi da vrednost poluprečnika njenog horizontalnog zaobljenja iznosi 13,10 m. Na osnovu toga, uslov algoritma je ispunjen, odnosno poluprečnik horizontalne krivine biciklističke staze zadovoljava zadati kriterijum.

Potom, korišćenjem petlje unose se redom vrednosti podužnih nagiba nivelete. Nakon unosa, formira se nova petlja koja prolazi kroz niz i ispituje da li postoje dva uzastopna nagiba koja imaju pojedinačno veću vrednost od 5%. Na osnovu ranije prikupljenih podataka, algoritam je ustanovio da to nije slučaj kod analize ove saobraćajnice. Prema tome, biciklistička infrastruktura bi preuzela vertikalnu geometriju predmetne saobraćajnice. Nakon završetka ovog koraka, formiran niz ulazi u narednu petlju. Ova petlja proverava da li postoji neki član niza, odnosno podužni nagib nivelete, koji ima veću vrednost od 10%. S obzirom da nijedan podužni nagib ne prelazi zadatu vrednost, ovim korakom algoritam završava svoju analizu, usvaja predloženo rešenje i formira izveštaj prikazan u tabeli 5.7.

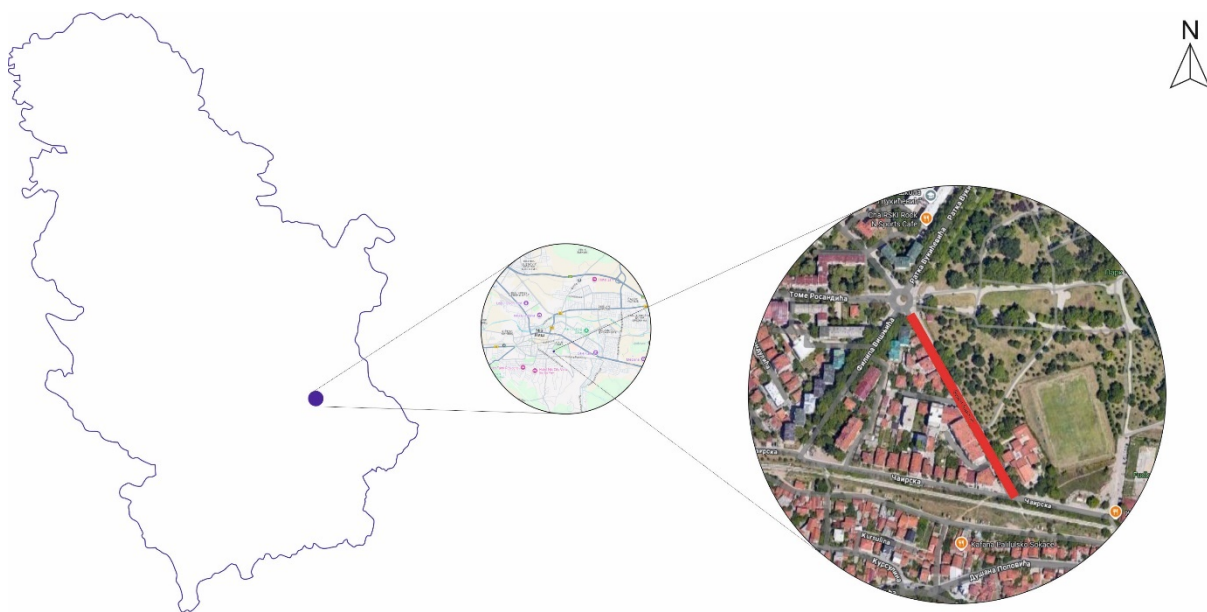
Tabela 5.7 Izveštaj analize ulice 9. brigade

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	9. brigade	
Dužina analizirane deonice:	570,42 m	
Saobraćajno opterećenje:	Srednje	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	2,50 - 3,00 m (promenljiva)	
Širina leve pešačke staze:	2,85 – 4,80 m (promenljiva)	
Širina desne pešačke staze:	2,00 – 6,50 m (promenljiva)	
Broj preloma nivelete:	6	
Podužni nagibi nivelete:	i ₁ = -0,42%, i ₂ = -0,73%, i ₃ = -0,39%, i ₄ =1,83%, i ₅ = -0,22%, i ₆ = 1,44%.	
Broj vertikalnih krivina:	6	
Radijusi vertikalnih krivina:	R _{v1} =2000 m, R _{v2} =15000 m, R _{v3} =1000 m, R _{v4} =1000 m, R _{v5} =74173,90 m, R _{v6} =200 m.	
Broj horizontalnih krivina:	1	
Radijusi horizontalnih krivina:	R ₁ =10 m	
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Dvovodni	
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%	
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%	
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%	
PREDLOŽENO REŠENJE		
Tip biciklističke površine:	Biciklistička staza	
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Dvosmerno	
Lokacija:	Na delu leve pešačke staze	
Širina:	1,0 – 1,2 m	

Denivelacija ivičnjakom:	Da
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	6
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.10 Ulica Sestre Baković

Ulica Sestra Baković nalazi se u Nišu, u opštini Medijana. Spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica i predviđena je za odvijanje dvosmernog saobraćaja. Na slici 5.12 prikazan je položaj ulice.



Slika 5.12 položaja ulice Sestre Baković

Pregledom projekta za izvođenje uočeno je 15 poprečnih profila. Dužina cele deonice iznosi 267,70 m. Na situacionom (prilog 28) planu nisu uočene tačke preloma nivelete u horizontalnoj ravni, pa analizirana deonica ne poseduje horizontalne krivine. Kolovozna



površina sastoji se od dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer kretanja. Širina saobraćajnih traka iznosi 2,50 m, pa je ukupna širina kolovoza 5 m. Poprečni nagib kolovoza je dvovodan i iznosi 2,50%. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze, odvojene ivičnjakom dimenzija 20/24 cm. Denivelacija, ostvarena ivičnjakom, iznosi 14 cm. Širina pešačkih staza je konstantna celom dužinom deonice i iznosi 3,50 m. Poprečni nagib pešačkih staza iznosi 2,0% i orijentisan je ka kolovozu.

Pregledom uzdužnog profila predmetne ulice uočene su tri tačke preloma nivelete i tri vertikalna zaobljenja, od kojih su dva konkavna i jedno konveksno. Posmatrano u smeru rasta stacionaže, radijusi vertikalnih krivina su:

- $R_1=4000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+053,82),
- $R_2=1000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+222,18),
- $R_3=5000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+249,50).

Vrednosti podužnih nagiba nivelete su:

- $i_1= 0,10$ %,
- $i_2= 0,24$ %,
- $i_3= -0,55$ %,
- $i_4= 0,36$ %.

U prilogu 29 prikazan je uzdužni profil ulice Sestre Baković.

Kolovozna konstrukcija spada u kategoriju fleksibilnih kolovoznih konstrukcija i izrađena je od asfaltnih i nevezanih slojeva. Asfaltne slojeve čine habajući sloj, mešavine AB11s, debljine 5 cm, i noseći sloj, mešavine BNS32, debljine 7 cm. Nevezane slojeve čine tamponski sloj 0-31,5, debljine 15 cm i drobljeni kameni agregat, debljine 30 cm. Kolovozna konstrukcija pešačkih staza se razlikuje samo u tipu asfaltnih mešavina. Zapravo, habajući sloj pešačkih staza čini mešavina AB8, debljine 3cm, a noseći sloj je izrađen od mešavine BNS22 debljine 6 cm. Tamponski sloj ispod pešačkih staza je debljine 10 cm, a sloj drobljenog kamenog agregata 25 cm. U prilogu 30 prikazan je karakterističan poprečni profil.

Nakon prikupljenih podataka, počinje analiza ulice primenom algoritma. Ulica Sestre Baković spada u kategoriju pristupnih ulica, pa je $i=3$. Naredni korak analizira saobraćajno opterećenje. Intenzitet saobraćajnog opterećenja predmetne ulice spada u kategoriju srednjeg saobraćajnog opterećenja i algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke trake, odvojene ivičnjakom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Projektom saobraćaja predviđeno je dvosmerno kretanje vozila pa sledeći upit ispituje da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Kao što je ranije rečeno, širina pešačkih staza iznosi 3,50 m, čime



je uslov ispunjen. Nakon ovog koraka algoritam daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze na delu površine pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja.

Po završetku ovog koraka, sledi analiza geometrijskih elemenata ulice. Ulazni podaci ove faze su:

- računska brzina, $V_r=50$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=3$,
- broj preloma nivelete, $t=3$.

Prvi korak predstavlja petlju koja analizira poluprečnike horizontalnih zaobljenja. S obzirom da je cela deonica u pravcu i nema horizontalnih krivina, ovaj deo algoritma se odmah završava. Sledeći korak predstavlja unos podužnih nagiba nivelete u niz. Nakon formiranja niza, primenom petlje, algoritam prolazi kroz niz i proverava da li postoje pojedinačne uzastopne vrednosti podužnih nagiba koje prelaze vrednost od 5%. Po završetku petlje, algoritam je ustanovio da zadat uslov nije ispunjen, zbog čega predlaže da nije potrebno izvršiti vertikalno zaobljenje nivelete biciklističke infrastrukture. Tačnije, biciklistička infrastruktura preuzima vertikalnu geometriju analizirane ulice. Zatim, sledi još jedna petlja koja prolazi kroz ranije unet niz i proverava da li postoji podužni nagib čija je vrednost veća od 10%. Nijedan od unetih podužnih nagiba nema vrednost veću od postavljenog uslova. Ovim korakom završen je rad algoritma i formiran niz predstavljen u tabeli 5.8.

Tabela 5.8 Izveštaj analize ulice Sestre Baković

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:		Sestre Baković
Dužina analizirane deonice:		267,70 m
Saobraćajno opterećenje:		Srednje
Smer kretanja vozila:		Dvosmerno
Broj kolovoznih traka:		2
Broj saobraćajnih traka po smeru:		1
Širina saobraćajne trake:		2,50 m
Širina leve pešačke staze:		3,50 m



Širina desne pešačke staze:	3,50 m
Broj preloma nivelete:	3
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = -0,10\%$, $i_2 = -0,24\%$, $i_3 = -0,55\%$, $i_4 = 0,36\%$
Broj vertikalnih krivina:	3
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1} = 4000$ m, $R_{v2} = 1000$ m, $R_{v3} = 5000$ m
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Dvovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička staza
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Dvosmerno
Lokacija:	Na delu pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja
Širina:	1,2 – 1,5 m
Denivelacija ivičnjakom:	Da
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	3
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.11 Čurlinska ulica

Čurlinska ulica nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Palilula. Spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica i predviđena je za odvijanje saobraćaja u oba smera. Na slici 5.13 prikazan je precizan položaj ulice u gradu.



Slika 5.13 Položaja Čurlinske ulice

Ulica sadrži 27 poprečnih profila, a njena dužina iznosi 577,13 m. Pregledom situacionog plana (prilog 31) uočena je jedna horizontalna krivina, orijentisana udesno, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Ova krivina ima poluprečnik od 40 m. Kolovoznu površinu čine dve kolovozne trake, za svaki smer kretanja vozila. Svaka kolovozna traka sadrži po jednu saobraćajnu traku, čija širina iznosi 3,0 m.

Poprečni nagib kolovoza iznosi 2,0% i orijentisan je udesno. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze širine 1,8 m. Širina ovih staza konstantna je celom dužinom deonice. Njihov poprečni nagib iznosi 2,0% i orijentisan je ka kolovozu. Pešačke staze odvojene su od kolovoza betonskim ivičnjacima dimenzija 18/24 cm, sa ostvarenom denivelacijom od 15 cm.

Na uzdužnom profilu (prilog 32) primećene su četiri vertikalne krivine, od kojih su dve konkavne i dve konveksne. Vrednosti radijusa ovih krivina su sledeći:

- $R_1=5000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+108,67),
- $R_2=5000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+258,66),
- $R_3=6000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+400,66),
- $R_4=2000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+498,66).

Posmatrano u smeru rasta stacionaže, podužni nagibi nivelete su:



- $i_1 = 2,39 \%$,
- $i_2 = 3,20 \%$,
- $i_3 = 3,52 \%$,
- $i_4 = 3,37 \%$,
- $i_5 = -1,40 \%$.

Kolovozna konstrukcija je fleksibilna i čine je sledeći slojevi:

- Habajući sloj mešavine AB11s, debljine 5 cm,
- Noseći sloj mešavine BNS32, debljine 7 cm,
- Tamponski sloj 0-31,5, debljine 15 cm,
- Sloj drobljenog kamenog agregata, debljine 30 cm.

U prilogu 33 prikazan je karakteristični poprečni profil analizirane ulice.

Nakon prikupljenih podataka, sledi algoritamska analiza ulice. S obzirom da ulica spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica, sledi da je $i=3$. Prvi korak predstavlja proveru saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice spada u kategoriju vrlo lakog saobraćajnog opterećenja, pa algoritam predlaže rešenje koje podrazumeva postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Naredni upit proverava da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Kao što je ranije rečeno, predviđeno je dvosmerno odvijanje saobraćaja, pa algoritam nastavlja dalju analizu. Zatim, algoritam upoređuje da li su širine pešačkih staza veće od 2 m. Pojedinačne širine pešačkih staza iznose 1,8 m, pa je odgovor ovog upita negativan. Zatim, algoritam daje predlog pozicioniranja biciklističke površine [67] koja predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake u svakoj kolovoznoj traci, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Po okončanju ovog koraka, sledi naredna faza provere geometrijskih elemenata analizirane ulice. Ulazni podaci ove faze su:

- računsa brzina, $V_r=40$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=1$,
- broj vertikalnih krivina, $m=4$,
- broj preloma nivelete, $t=4$.

Prvi korak ove faze jeste petlja koja upoređuje radijuse horizontalnih zaobljenja nivelete sa minimalnom vrednošću poluprečnika horizontalnih krivina za biciklističku infrastrukturu u urbanim uslovima. Minimalnu vrednost algoritam računa na osnovu računске brzine. Računska brzina ove ulice iznosi 40 km/h, pa vrednost, minimalnog poluprečnika horizontalne krivine, iznosi 9,93 m. S obzirom da ulica sadrži samo jednu horizontalnu krivinu,



radijusa 40 m, algoritam zaključuje da je ova vrednost veća od minimalne i ovaj korak ispitivanja se završava. U narednom koraku proverava se vertikalna geometrija analizirane ulice. Radi efikasnijeg i bržeg rada formira se niz elemenata, gde svaki element predstavlja podužni nagib nivelete. Potom algoritam prolazi kroz formirani niz, primenom petlje i proverava da li postoje dve pojedinačne vrednosti podužnog nagiba koje su veće od 5%. Ukoliko bi ih bilo, algoritam bi kontrolisao vrednosti radijusa vertikalnih krivina. Međutim, to nije slučaj kod predmetne saobraćajnice, jer su svi nagibi nivelete manji od 5%. U ovom koraku algoritam zaključuje da nije potrebno vršiti dodatna vertikalna zaobljenja nivelete, odnosno da će biciklistička infrastruktura preuzeti vertikalnu geometriju same ulice. Zatim, sledi i finalni korak ove analize, a to je kontrola podužnih nagiba i dužine deonice koja je pod određenim nagibom. Zapravo, upit ispituje da li postoji podužni nagib nivelete koji je veći od 10%. Ukoliko bi to bio slučaj, proveravala bi se dužina deonice koja je u tom nagibu. Nijedan od nagiba nivelete ne ispunjava postavljen uslov, čime se analiza završava, usvaja se predloženo rešenje kao konačno i formira izveštaj. Usvajeno rešenje, u vidu izveštaja, prikazano je u tabeli 5.9.

Tabela 5.9 Izveštaj analize Čurlinske ulice

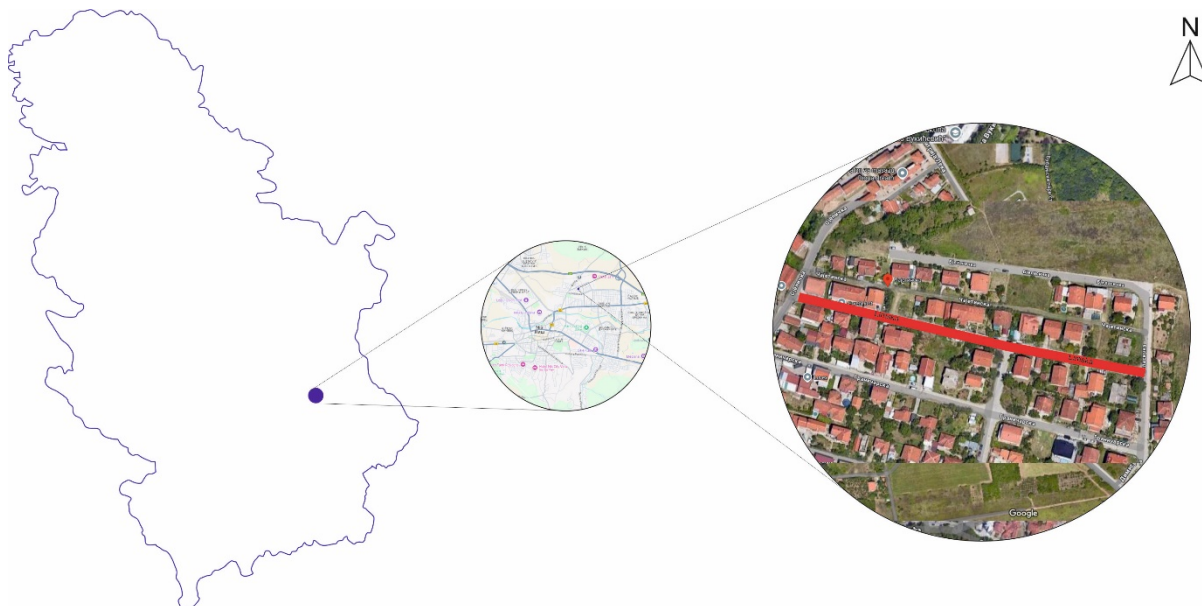
ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Čurlinska	
Dužina analizirane deonice:	577,13 m	
Saobraćajno opterećenje:	Vrlo lako	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	3,00 m	
Širina leve pešačke staze:	1,80 m	
Širina desne pešačke staze:	1,80 m	
Broj preloma nivelete:	4	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = 2,39\%$, $i_2 = 3,20\%$, $i_3 = 3,52\%$, $i_4 = 3,37\%$, $i_5 = -1,40\%$	
Broj vertikalnih krivina:	4	



Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=5000$ m, $R_{v2}=5000$ m, $R_{v3}=6000$ m, $R_{v4}=2000$ m
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	$R_1=40$ m
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	4
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.2.12 Limska ulica

Limska ulica nalazi se u Nišu, u opštini Crveni krst i spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica. Prema saobraćajnom uređenju, spada u kategoriju dvosmernih ulica. Na slici 5.14 je prikazan tačan položaj ulice.



Slika 5.14 Položaj Limske ulice

Pregledom situacionog plana saobraćajnice, nisu uočene tačke preloma nivelete u horizontalnoj ravni, što znači da je ulica, celom svojom dužinom, u pravcu. Ukupna dužina predmetne saobraćajnice iznosi 254,18 m, što predstavlja i stacionažu na poslednjem, sedamnaestom, poprečnom profilu. U prilogu 34 prikazan je situacioni plan ulice.

Kolovozna površina je organizovana tako da sadrži dve kolovozne trake, za svaki smer kretanja, sa po jednom saobraćajnom trakom. Širina saobraćajnih traka iznosi 2,75 m, dok je širina kolovoza 5,50 m. Poprečni nagib kolovoza je jednovodni i njegova vrednost iznosi 2,5%. Posmatrano u smeru rasta stacionaže, orijentacija poprečnog nagiba je ulevo. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. One su odvojene betonskim ivičnjakom dimenzija 18/24 cm i denivelacijom od 6 cm. Širina pešačkih staza je konstantna celom dužinom deonice i iznosi 1,00 metar. Poprečni nagib pešačkih staza je orijentisan ka kolovozu i njegova vrednost je 2,5%.

Na uzdužnom profilu analizirane ulice (prilog 35) uočene su tri tačke preloma nivelete koje ujedno predstavljaju i temena vertikalnih krivina, od kojih su dve konkavne i jedna konveksna. Poluprečnici ovih krivina su:

- $R_1=300$ m (konkavna, na stacionaži km 0+004,58)
- $R_2=350$ m (konveksna, na stacionaži km 0+204,73),



- $R_3=85$ m (konkavna, na stacionaži km 0+236,15).

Vrednosti podužnih nagiba nivelete iznose:

- $i_1= -1,97$ %,
- $i_2= -0,49$ %,
- $i_3= -13,82$ %,
- $i_4= -2,61$ %.

Kolovozna konstrukcija spada u kategoriju fleksibilnih konstrukcija i čine je asfaltni i nevezani slojevi. Asfaltne slojeve čini habajući sloj, mešavine AB11s, debljine 4 cm i noseći sloj, mešavine BNS32, debljine 8 cm. Nevezani sloj čini samo jedna mešavina od mineralnom nevezanog materijala, drobljeni kameni agregat, debljine 35 cm. U prilogu 36 prikazan je karakterističan poprečni profil Limske ulice.

Nakon prikupljenih podataka, sledi analiza primenom algoritma. Limska ulica spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica, pa je $i=3$. Prvi upit u ovoj fazi algoritma ispituje intenzitet saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje Limske ulice spada u grupu vrlo lakog saobraćajnog opterećenja, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, obojene crvenom bojom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Potom, sledi upit koji ispituje da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. S obzirom na to da se radi o dvosmernoj ulici, algoritam dalje nastavlja sa upitom koji proverava da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Ranije je rečeno da je širina pešačkih staza konstantna i da iznosi 1,0 metar. Nakon ovog upita, algoritam daje predlog rešenja pozicioniranja biciklističke površine [67] koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake, na delu kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Ovim korakom počinje naredna faza algoritma koja se bavi analizom geometrijskih elemenata saobraćajnice. Ulazni podaci ove faze su:

- računska brzina, $V_r=30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=3$,
- broj preloma nivelete, $t=4$.

Prvi korak ove faze predstavlja petlja koja proverava vrednosti poluprečnika horizontalnih krivina sa minimalnom vrednošću, koju je algoritam izračunao na osnovu računске brzine. Ulica ne poseduje horizontalne krivina, čime se ovaj korak i završava. Potom se formira niz elemenata čiji članovi predstavljaju podužne nagibe nivelete. Petlja koja sledi prolazi kroz formiran niz i proverava da li postoje dva pojedinačna uzastopna elementa, čija je

vrednost veća od vrednosti nagiba od 5%. Nakon završetka pomenute petlje, algoritam je ustanovio da postavljen uslov nagibi nivelete ne ispunjavaju i da nije potrebno vršiti dodatna zaobljenja nivelete, već da bi potencijalna biciklistička infrastruktura preuzela vertikalnu geometriju ulice. Poslednji korak, ove faze, predstavlja petlja koja prolazi kroz ranije unet niz i proverava da li postoji podužni nagib nivelete koji ima vrednost veću od 10%. Prilikom treće iteracije ustanovljeno je da postoji nagib koji je veći od 10%, a to je nagib i_3 čija vrednost iznosi 13,82%. Potom, algoritam zahteva unos dužine deonice koja je u tom nagibu. Pod dužinom deonice podrazumeva se dužina između tačaka preloma nivelete, koje definišu početak i kraj razmatranog nagiba. Rastojanje između tačaka preloma nivelete, koje definišu nagib, možemo odrediti iz razlika stacionaža. S obzirom da se nagib i_3 nalazi između temena T_2 i T_3 , a njihove stacionaže su km 0+204,73 i km 0+251,11 respektivno, ukupna dužina između ova dva temena iznosi 46,38 m. Nakon unosa ove zahtevane vrednosti, algoritam proverava da li je uneta vrednost manja ili jednaka vrednosti od 20 m. Vrednost rastojanja, susednih temena vertikalnih krivina, je veća od postavljenog uslova, čime algoritam zaključuje da nije moguće izvesti biciklističku infrastrukturu i predlaže analizu digitalnog modela terena.

5.2.13 Ulica Nevena

Ulica Nevena nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Pantelejš. Spada u kategoriju pristupnih ulica i predviđena je za odvijanje dvosmernog saobraćaja. Na slici 5.15 je prikazana lokacija ulice.



Slika 5.15 Položaj ulice Nevena

Dužina ulice iznosi 138,10 m, što je i stacionaža poslednjeg poprečnog profila. Sa situacionog plana moguće je uočiti dve horizontalne krivine orijentisane ulevo, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Radijusi ovih krivina su sledeći:

- $R_1=2000$ m,
- $R_2=2150$ m.

Kolovoz čini jedna kolovozna traka, sa jednom saobraćajnom trakom, širine 3,5 m. Poprečni nagib kolovoza ima konstantnu vrednost celom dužinom deonice, iznosi 2,5% i orijentisan je ulevo. Oivičen je betonskim ivičnjacima, dimenzija 18/24 cm. Zbog specifičnog položaja regulacionih linija, definisanim urbanističkim dokumentima, nije moguće projektovati i izvesti pešačke staze, zbog nedostatka prostora. U prilogu 37 prikazan je situacioni plan predmetne ulice.

Pregledom uzdužnog profila ulice (prilog 38) uočena je samo jedna tačka preloma nivelete u vertikalnoj ravni, koja predstavlja i teme vertikalne konveksne krivine, na stacionaži km 0+062,23. Radijus ove krivine iznosi 13250 m. Shodno tome, niveleta sadrži dva podužna nagiba, čije su vrednosti:

- $i_1= 1,64$ %,
- $i_2= 1,17$ %.

Kolovozna konstrukcija izrađena je od asfaltnog i nevezanog slojeva. Asfaltni sloj čini asfaltna mešavina BNHS16, debljine 7 cm, a sloj nevezanog materijala izrađen je od drobljenog kamenog agregata, debljine 30 cm. U prilogu 39 prikazan je karakteristični poprečni profil ulice Nevena.

Nakon kratke analize ulice i prikupljenih podataka, sledi analiza primenom algoritma. Ulica Nevena spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica, zbog čega je $i=3$. Ovim korakom definisana je grana algoritma iz uslova kategorije ulice. Algoritam zatim proverava saobraćajno opterećenje. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice spada u grupu vrlo lakog saobraćajnog opterećenja, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Potom, u narednom koraku se proverava da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. S obzirom da se radi o jednosmernoj ulici, sledeći upit kontroliše koliko ima saobraćajnih traka. Kao što je ranije rečeno, ulica poseduje jednu kolovoznu traku, sa jednom saobraćajnom trakom. Nakon čega sledi kontrola širine pešačkih staza. Zapravo, da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Kao što je ranije naglašeno, pešačke staze ne postoje, pa postavljen uslov upita nije ispunjen i algoritam daje preliminarno rešenje. Ono predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu



kolovoza, sa pratećom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom. Po okončanju ovog koraka počinje faza koja se bavi analizom geometrijskih elemenata ulice. Ulazni podaci, pomenute faze, su:

- računska brzina, $V_r=30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=2$,
- broj vertikalnih krivina, $m=1$,
- broj preloma nivelete, $t=1$.

Prvi korak predstavlja analizu horizontalne geometrije predmetne ulice, primenom petlje. Zapravo, algoritam proverava da li su poluprečnici horizontalnih krivina veći od minimalne vrednosti. Minimalnu vrednost radijusa, horizontalne geometrije biciklističke infrastrukture, algoritam je izračunao na osnovu računske brzine i ova vrednost iznosi $R_{min}=7,55$ m. Po završetku petlje, algoritam je zaključio da ni jedna horizontalna krivina nema manju vrednost od minimalne, čime je ovaj korak završen. Zatim, počinje korak koji se bavi kontrolom vertikalne geometrije. Unosom podužnih nagiba nivelete, formira se niz elemenata. Primenom naredne petlje algoritam prolazi kroz niz i proverava da li postoje dva uzastopna elementa niza sa pojedinačnim vrednostima koje su veće od 5%. S obzirom da ne postoje vrednosti podužnih nagiba koje ispunjavaju definisan uslov, algoritam zaključuje da nije potrebno vršiti dodatno vertikalno zaobljenje preloma nivelete i da će potencijalna biciklistička infrastruktura preuzeti vertikalnu geometriju analizirane ulice. Sledeći korak predstavlja analizu istog niza, primenom petlje, sa uslovom koji proverava da li postoji podužni nagib nivelete čija je vrednost veća od 10%. Po završetku petlje algoritma je ustanovio da ne postoji podužni nagib koji je ispunio zadati uslov, nakon čega se formira izveštaj predstavljen u tabeli 5.10.

Tabela 5.10 Izveštaj analize ulice Nevena

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Ulica Nevena	
Dužina analizirane deonice:	138,10 m	
Saobraćajno opterećenje:	Vrlo lako	
Smer kretanja vozila:	Jednosmerno	
Broj kolovoznih traka:	1	

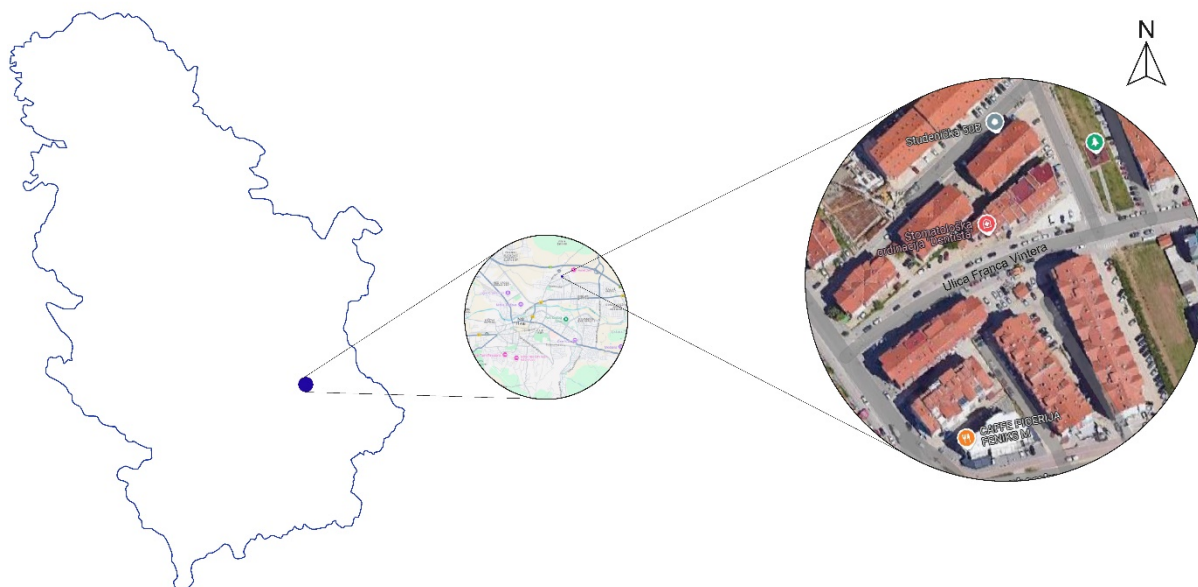


Broj saobraćajnih traka po smeru:	1
Širina saobraćajne trake:	3,50 m
Širina leve pešačke staze:	0 m (ne postoji)
Širina desne pešačke staze:	0 m (ne postoji)
Broj preloma nivelete:	1
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = 1,64\%$, $i_2 = 1,17\%$
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1} = 13250$ m
Broj horizontalnih krivina:	2
Radijusi horizontalnih krivina:	$R_1 = 2000$ m, $R_2 = 2150$ m
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	/
Poprečni nagib desne pešačke staze:	/
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	2
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom

Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom
----------------------------	--

5.2.14 Ulica Franca Vintera

Ulica Franca Vintera spada u kategoriju pristupnih gradskih saobraćajnica i nalazi se na teritoriji gradske opštine Pantelejš. Na slici 5.16 prikazan je položaj ulice.



Slika 5.16 Položaj ulice Franca Vintera [68]

Pregledom projekta uočeno je 19 profila, a ukupna dužina ulice iznosi 246,88 m. Kolovoz se sastoji od dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer kretanja vozila. Širina saobraćajne trake iznosi 3 m. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Širina desne pešačke staze iznosi 5 m, a leve 4,72. Na delu obe pešačke staze predviđeno je paralelno parkiranje motornih vozila. Poprečni nagib kolovoza je jednovodni, orijentisan udesno i iznosi 3,0%. Pešačke staze imaju poprečni nagib orijentisan ka kolovozu. Poprečni nagib leve pešačke staze iznosi 3% do profila 8 (km 0+101,63), i 2% sve do poslednjeg profila, dok je poprečni nagib desne pešačke staze konstantan i iznosi 2% [68]. Na situacionom planu uočena je jedna horizontalna krivina orijentisana udesno, na stacionaži km 0+235,36. Vrednost njenog poluprečnika iznosi 200 m. U prilogu 40 prikazan je situacioni plan analizirane ulice.

Pregledom uzdužnog profila (prilog 41), na stacionaži km 0+229,59, uočena je samo jedna tačka preloma nivelete [68], koja predstavlja i teme vertikalne konveksne krivine. Niveleta sadrži dva podužna nagiba, i to:

- $i_1 = 2,30 \%$,
- $i_2 = 1,40 \%$.



Radius vertikalne krivine iznosi 15000 m.

Kolovozna konstrukcija je fleksibilna i sastoji se od asfaltnih i nevezanih slojeva. Asfaltni slojeve čine AB11s (5 cm) i BNS32 (7 cm), a nevezane sloj drobljenog kamenog agregata 0-31,5 (20 cm) i sloj šljunka 0-63 (25 cm) [68]. U prilogu 42 prikazan je karakterističan poprečni profil analizirane ulice.

Nakon pregleda geometrijskih elemenata ulice Franca Vintera, sledi algoritamska analiza. S obzirom na to da predmetna saobraćajnica spada u kategoriju pristupnih, sledi da je $i = 3$. Prvi upit predstavlja analizu saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje analizirane ulice spada u kategoriju srednjeg saobraćajnog opterećenja, pa algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom. Naredni upit proverava da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Ulica je predviđena za odvijanje dvosmernog saobraćaja, pa sledi upit koji ispituje da li saobraćajnica poseduje jednu ili dve saobraćajne trake [68]. S obzirom na to da predmetna ulica ima dve saobraćajne trake, sledi provera postojanja traka za parkiranje. Parkiranje motornih vozila je predviđeno na delu pešačkih staza, prema tome ne postoje trake predviđene za parkiranje na kolovozu. Zatim, sledi provera da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Obe pešačke staze imaju širinu veću od postavljenog kriterijuma, pa algoritam daje preliminarno rešenje, koje podrazumeva postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, na delu pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja [69].

Potom, sledi faza algoritma koja analizira horizontalnu i vertikalnu geometriju saobraćajnice. Ulazni podaci ove faze su:

- računska brzina, $V_r=40$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=1$,
- broj vertikalnih krivina, $m=1$,
- broj preloma nivelete, $t=1$.

Nakon unošenja podataka sledi provera minimalne vrednosti poluprečnika horizontalnih krivina i upoređivanje je sa postojećim poluprečnicima. Minimalni poluprečnik horizontalnih krivina, za računsku brzinu od 40 km/h je $R_{\min}=9,39$ m. S obzirom na to da analizirana ulica sadrži samo jednu horizontalnu krivinu sa poluprečnikom od 200 m, algoritam zaključuje da je uslov ispunjen, čime je ovaj korak završen. Potom, sledi analiza vertikalnih krivina. Algoritam formira niz elemenata, čije vrednosti predstavljaju podužne nagibe u smeru rasta stacionaže. Zatim, sledi upit koji ispituje da li su vrednosti dva uzastopna nagiba veće od 5%. Nijedan podužni nagib nema vrednost veću od 5%, pa algoritam zaključuje da nije



potrebno proveravati vrednosti vertikalnih zaobljenja nivelete, tj. da će niveleta biciklističke staze preuzeti vertikalnu geometriju predmetne ulice. Naredni upit prolazi kroz ranije formirani niz i proverava da li postoji podužni nagib koji je veći od 10%. Nijedan od podužnih nagiba nema veću vrednost od 10%, pa algoritam usvaja preliminarno rešenje kao konačno i formira izveštaj prikazan tabelom 5.11.

Tabela 5.11 Izveštaj analize ulice Franca Vintera [68]

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Franca Vintera	
Dužina analizirane deonice:	246,88 m	
Saobraćajno opterećenje:	Srednje	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	3,0 m	
Širina leve pešačke staze:	4,72 m	
Širina desne pešačke staze:	5,0 m	
Broj preloma nivelete:	1	
Podužni nagibi nivelete:	i ₁ = 2,30%, i ₂ =1,40%	
Broj vertikalnih krivina:	1	
Radijusi vertikalnih krivina:	R _{v1} =15000 m	
Broj horizontalnih krivina:	1	
Radijusi horizontalnih krivina:	R ₁ =200 m	
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni	
Poprečni nagib kolovoza:	3,0%	
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2-3%	
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2%	
PREDLOŽENO REŠENJE		
Tip biciklističke površine:	Biciklistička staza	

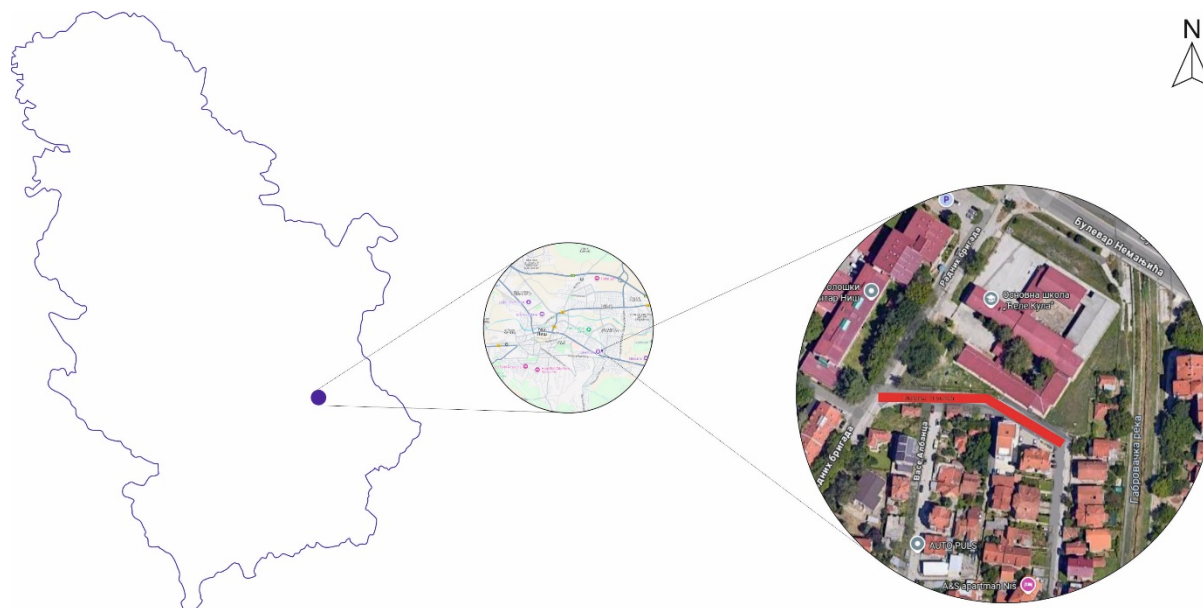


Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Dvosmerno
Lokacija:	Na delu pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja
Širina:	1,20 m
Denivelacija ivičnjakom:	Da
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	1
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.3 Analiza sabirnih ulica

5.3.1 Analiza Ulice Dušana Trivunca

Analiza geometrijskih elemenata Ulice Dušana Trivunca nije bila moguća za celokupnu dužinu ulice, zbog nedostatka podataka. Idejni projekat ulice, na osnovu kojeg je vršena analiza, nije rađen za celu deonicu, zbog pravno-imovinskih problema. Analizirana deonica ulice sadrži 20 poprečnih profila, od kojih je prvi na stacionaži km 0+000,00, a poslednji na stacionaži km 0+115,46, što predstavlja i dužinu analizirane deonice. Na slici 5.17 prikazana je pozicija Ulice Dušana Trivunca.



Slika 5.17 Položaja ulice Dušana Trivunca

Ulica sadrži dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer. Projektom saobraćaja predviđeno je da ulica bude dvosmerna. Širina saobraćajnih traka iznosi 3 m, pa je ukupna širina kolovoza 6 m. Poprečni nagib kolovoza je jednovodni i njegova vrednost iznosi 2%. Poprečni nagib je orijentisan ka desnoj ivici kolovoza, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze, čija širina je promenljiva. Uvidom u projekat, uočeno je da je razlika u širinama pešačkih staza zanemarljivo mala, pa su za potrebe ove analize usvojene širine koje verodostojno predstavljaju realno stanje. U smeru rasta stacionaže, širina desne pešačke staze iznosi 1,30 m, dok širina leve iznosi 1,50 m. Poprečni nagib pešačkih staza iznosi 2% i orijentisan je ka osovini kolovoza. Pešačke staze su denivelisane u odnosu na površinu kolovoza i odvojene ivičnjakom 18/24. Ukupna denivelacija iznosi 6 cm. U prilogu 43 prikazan je karakteristični poprečni presek analizirane ulice.

Analizirajući situacioni plan, ova deonica ulice sadrži dve horizontalne krivine, orijentisane udesno. Poluprečnik prve krivine iznosi 60 m, a poluprečnik druge 14 m. Neophodno je napomenuti da se drugom krivinom završava analizirana deonica. U prilogu 44 prikazan je situacioni plan Ulice Dušana Trivunca.

Na uzdužnom profilu analizirane ulice, uočen je jedan prelom nivelete i jedna vertikalna krivina. Vertikalna krivina je konkavna i vrednost njenog radijusa iznosi 1700 m. Nalazi se na stacionaži km 0+025,08. Vrednosti podužnih nagiba nivelete su:

- $i_1 = -0,34 \%$,
- $i_2 = 1,07 \%$.

U prilogu 45 prikazan je uzdužni profil Ulice Dušana Trivunca.

Kolovozna konstrukcija je fleksibilna i sastoji se od asfaltnih i nevezanih slojeva. Asfaltni slojeve čine asfaltbeton AB11s debljine 6 cm i BNS32 debljine 9 cm. Nevezane slojeve čini drobljeni kameni agregat 0-31,5, u debljini od 30 cm.

Nakon svih prikupljenih podataka, počinje analiza saobraćajnice primenom algoritma.

Ulica Dušana Trivunca spada u kategoriju sabirnih ulica, zbog čega je $i=2$. Ovim korakom analiza je prešla na deo algoritma koji analizira sabirne ulice. Prvi korak ovog dela jeste analiza saobraćajnog opterećenja. S obzirom na to da je intenzitet saobraćaja kategorisan kao lako saobraćajno opterećenje, predlaže se postavljanje biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Zatim, algoritam proverava kako je ulica uređena u saobraćajnom smislu. Odnosno, da li je predviđena za odvijanje jednosmernog ili dvosmernog saobraćaja. Kao što je ranije rečeno, ulica je dvosmerna. Nakon ovog koraka analizira se širina pešačkih staza. Tačnije, ispituje se da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. S obzirom da je širina obe pešačke staze manja od 2 m, u narednom koraku se određuje da li je širina pešačkih staza konstantna celom dužinom deonice ili ne. Širina pešačkih staza je promenljiva u funkciji dužine saobraćajnice, ali je ta razlika zanemarljivo mala, pa je, za potrebe analize, usvojeno da pešačke staze imaju konstantnu širinu celom dužinom deonice, kao što je ranije rečeno. Nakon ovog koraka, algoritam predlaže preliminarno rešenje pozicioniranja biciklističke infrastrukture, a to je: postavljanje jednosmerne biciklističke trake širine 0,6-0,8 m, na delu kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.

Nakon ovog koraka vrši se analiza geometrijskih elemenata predmetne saobraćajnice. Ulazni parametri ovog dela algoritma su:

- računsa brzina ($V_r=50$ km/h),
- broj horizontalnih krivina ($n=2$),
- broj vertikalnih krivina ($m=1$),
- broj preloma nivelete ($t=1$)

Nakon unošenja potrebnih parametara, vrši se analiza horizontalne geometrije. Tačnije, vrši se poređenje radijusa horizontalnih krivina sa vrednošću minimalnog radijusa R_{min} [46].

Kao što je ranije rečeno, računsa brzina iznosi 50 km/h, pa vrednost minimalnog radijusa horizontalnih krivina, za potrebe izvođenja biciklističke infrastrukture, iznosi $R_{min}=12,31$ m. Predmetna saobraćajnica sadrži dve horizontalne krivine, čiji su radijusi veći od minimalne vrednosti. Nakon ovog koraka vrši se unošenje podužnih nagiba nivelete u vidu



niza. S obzirom da niveleta ima samo jednu vertikalnu krivinu, pomenuti niz imaće dva elementa. Nakon unošenja vrednosti, vrši se ispitivanje uzastopnih elemenata niza. Ukoliko je njihova vrednost pojedinačno veća od 5%, proverava se da li je radijus vertikalne krivine veći od minimalnog. Minimalni radijus vertikalnih zaobljenja nivelete biciklističke infrastrukture iznosi $R_{\min}=4$ m. Vrednosti svih nagiba nivelete imaju manju vrednost od 5%, zbog čega nije potrebno vršiti vertikalno zaobljenje nivelete, tj. biciklistička infrastruktura preuzima vertikalno zaobljenje predmetne saobraćajnice. Kao poslednji korak, analizira se podužni nagib, kao i dužina deonice koja je u tom nagibu. S obzirom da se algoritam bavi analizom gradskih saobraćajnica i pozicioniranje biciklističke infrastrukture, kao granična vrednost se koristi nagib od 10%, za vožnju u gradskim uslovima. Zapravo, vrši se provera svih podužnih nagiba nivelete i utvrđivanje da li je njihova vrednost veća od 10%. S obzirom na to da su sve vrednosti podužnog nagiba nivelete manje od 10%, ovim korakom se završava analiza i usvaja se preliminarno rešenje kao konačno. Usvojeno rešenje prikazano je u vidu izveštaja u tabeli 5.12.

Tabela 5.12 Izveštaj analize ulice Dušana Trivunca

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Dušana Trivunca	
Dužina analizirane deonice:	115,46 m	
Saobraćajno opterećenje:	Lako	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	3,00 m	
Širina leve pešačke staze:	1,50 m	
Širina desne pešačke staze:	1,30 m	
Broj preloma nivelete:	2	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=-0,34\%$, $i_2=1,7\%$	
Broj vertikalnih krivina:	1	
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=7200$ m	

Broj horizontalnih krivina:	2
Radijusi horizontalnih krivina:	$R_1=60$ m, $R_2=14$ m
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	2
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.3.2 Analiza ulice Jug Bogdana

Ulica Jug Bogdana nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Medijana (slika 5.18) i spada u kategoriju sabirnih ulica. Njena dužina iznosi 437,23 m i predviđena je za odvijanje dvosmernog saobraćaja. Uvidom u idejni projekat uočena su 34 poprečnih profila.



Slika 5.18 Položaj Jug Bogdanove ulice

Sa situacionog plana uočene su dve horizontalne krivine (prilog 46), orijentisane udesno, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Prva horizontalna krivina nalazi se na stacionaži km 0+140,85, a druga na km 0+385,34. Radijusi ovih krivina su:

$$R_1=10000 \text{ m,}$$

$$R_2=100 \text{ m.}$$

Predmetna saobraćajnica poseduje dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer. Širina saobraćajnih traka iznosi 3 m, pa je ukupna širina kolovoza 6 m. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Neophodno je napomenuti da se, u ovom delu grada, građevinska linija nalazi na regulacionoj i predviđena je gradnja objekata u nizu. Na osnovu ovog podatka, može se zaključiti da je širina pešačkih staza uslovljena položajem i geometrijom regulacione linije. Širina pešačkih staza je promenljiva, ali se može usvojiti da širina desne pešačke staze iznosi 2 m, a leve 1,95 m. Pešačke staze su odvojene ivičnjakom, dimenzija 18/24 cm.

Između prvog i drugog profila ulica prelazi preko pružnog prelaza obezbeđenog polubranicima. Poprečni nagib kolovoza iznosi 2,0% i on je dvovodni, dok je poprečni nagib pešačkih staza orijentisan ka kolovozu i njegova vrednost je 2,0%.

Pregledom uzdužnog profila saobraćajnice uočeno je da je niveleta sadrži sedam tačaka preloma, kao što je prikazano u prilogu 47.

Svaka tačka preloma nivelete predstavlja teme vertikalnog zaobljenja. Od ukupno sedam vertikalnih krivina, tri su konkavne, a četiri konveksne. Radijusi ovih krivina su sledeći:

- $R_1=150 \text{ m}$ (konveksna, na stacionaži km 0+011,81),



- $R_2=230$ m (konkavna, na stacionaži km 0+026,49),
- $R_3=120$ m (konkavna, na stacionaži km 0+091,54),
- $R_4=100$ m (konkavna, na stacionaži km 0+137,62),
- $R_5=150$ m (konveksna, na stacionaži km 0+274,54),
- $R_6=150$ m (konveksna, na stacionaži km 0+339,28),
- $R_7=150$ m (konveksna, na stacionaži km 0+374,19).

Vrednosti podužnih nagiba nivelete iznose:

- $i_1= 4,23\%$,
- $i_2= -9,46 \%$,
- $i_3= -0,40 \%$,
- $i_4= -0,19 \%$,
- $i_5= -0,14 \%$,
- $i_6= -0,16 \%$,
- $i_7= 0,95 \%$,
- $i_8= 0,78 \%$.

Kolovozna konstrukcija sastoji se od asfaltnih slojeva i od nevezanih materijala. Asfaltni slojeve čine habajući sloj AB11s debljine 5 cm i noseći sloj BNS32 debljine 8 cm. Ispod asfaltnih slojeva nalazi se sloj od nevezanog materijala u vidu drobljenog kamenog agregata, debljine 30 cm. U prilogu 48 prikazan je karakteristični poprečni profil ulice Jug Bogdana.

Nakon pripreme podataka, počinje algoritamska analiza. Ulica Jug Bogdana spada u kategoriju sabirnih ulica, pa je $i=2$. Prvi upit, ovog dela algoritma, analizira intenzitet saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice spada u kategoriju srednjeg, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu svake kolovozne trake, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Nakon određivanja saobraćajnog opterećenja, sledi provera načina odvijanja saobraćaja. Ulica Jug Bogdana je dvosmerna, pa naredni korak ispituje da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. S obzirom na to da ovaj uslov nije ispunjen, sledeći upit proverava da li je širina pešačkih staza promenljiva ili konstantna. Kao što je ranije rečeno, širina pešačkih staza je promenljiva. Nakon ovog upita, algoritam daje preliminarno rešenje, koje glasi: postavljanje jednosmerne biciklističke trake/staze, sa obe strane saobraćajnice, širine od 0,6 do 0,8 m, u mešovitom profilu, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom. Kao što je ranije naglašeno, u ovom delu grada, građevinska linija se nalazi na regulacionoj i predviđena



je izgradnja objekata u nizu. Iz tog razloga za ovaj konkretan slučaj, a u cilju povećanja bezbednosti svih učesnika u saobraćaju, optimalnije rešenje bi bilo postavljanje biciklističke trake za svaki smer, na delu površine kolovozne trake, uz desnu ivicu kolovoza.

U narednoj fazi algoritam proverava kompatibilnost geometrije saobraćajnice sa aspekta biciklističkog saobraćaja. Ulazni parametri su:

- računska brzina, $V_r=50$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=2$,
- broj vertikalnih krivina, $m=7$,
- broj preloma nivelete, $t=7$.

Potom, algoritam računa minimalni radijus horizontalnog zaobljenja nivelete na osnovu računске brzine. Minimalna vrednost poluprečnika horizontalnih krivina biciklističke infrastrukture iznosi 12,31 m. Zatim, algoritam ispituje da li postoji bilo koja horizontalna krivina, na analiziranoj saobraćajnici, koja ima radijus manji od minimalnog. Ulica Jug Bogdanova ima dve horizontalne krivine, čiji su radijusi veći od minimalnog. Na osnovu toga se može zaključiti da je horizontalna geometrija ove ulice prihvatljiva za odvijanje biciklističkog saobraćaja.

Zatim, sledi unos podužnih nagiba nivelete. U ovom slučaju to će biti niz od osam članova, gde svaki član ima vrednost podužnog nagiba. Vrednosti podužnih nagiba unose se redom, u smeru rasta stacionaže. Nakon ovog koraka, algoritam proverava da li postoje dva uzastopna nagiba, čija pojedinačna vrednost prelazi 5%. Postoji samo jedan nagib čija vrednost prelazi 5%. To je nagib $i_2=9,47\%$, ali ne postoje dva uzastopna nagiba koji ispunjavaju zadat kriterijum. Ovim korakom algoritam je ustanovio da nije potrebno izvršiti vertikalno zaobljenje nivelete za potrebe biciklističke infrastrukture, već da vertikalna zaobljenja odgovaraju uslovima gradske vožnje bicikala. Finalni korak, ove faze algoritma, predstavlja kontrola podužnih nagiba nivelete. Upit ispituje da li postoji podužni nagib nivelete čija vrednost je veća od 10%. Ukoliko bi postojao, onda bi algoritam ispitivao dužinu deonice koja je u tom nagibu. S obzirom na to da su svi podužni nagibi nivelete manji od 10%. Ovim zaključkom završava se rad algoritma i usvaja se predloženo rešenje, koje je prikazano u tabeli 5.13.



Tabela 5.13 Izveštaj analize Jug Bogdanove ulice

ULAZNI PODACI:	
Pristupna	Sabirna
Naziv ulice:	Jug Bogdana
Dužina analizirane deonice:	437,23 m
Saobraćajno opterećenje:	Srednje
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno
Broj kolovoznih traka:	2
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1
Širina saobraćajne trake:	3,00 m
Širina leve pešačke staze:	1,95 m
Širina desne pešačke staze:	2,00 m
Broj preloma nivelete:	7
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = 4,23\%$, $i_2 = -9,46\%$, $i_3 = -0,40\%$, $i_4 = -0,19\%$, $i_5 = -0,14\%$, $i_6 = -0,16\%$, $i_7 = 0,95\%$, $i_8 = 0,78\%$.
Broj vertikalnih krivina:	7
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1} = 150$ m, $R_{v2} = 230$ m, $R_{v3} = 120$ m, $R_{v4} = 100$ m, $R_{v5} = 150$ m, $R_{v6} = 150$ m, $R_{v7} = 150$ m
Broj horizontalnih krivina:	2
Radijusi horizontalnih krivina:	$R_1 = 10000$ m, $R_2 = 100$ m
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Dvovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka/staza (mešoviti profil)
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu

Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	2
Radijusi horizontalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima horizontalnu geometriju gradske saobraćajnice
Broj vertikalnih krivina:	7
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička površina preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.3.3 Geteova ulica

Geteova ulica spada u kategoriju sabirnih saobraćajnica i nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Pantelej (slika 5.19). Uvidom u projekat za građevinsku dozvolu izvršena je analiza i prikupljanje ulaznih podataka za algoritamsku analizu.



Slika 5.19 Položaj Geteove ulice

Dužina ulice iznosi 421,33 m i sadrži 42 poprečna profila. Na situacionom planu postoje četiri tačke preloma tangentnog poligona (prilog 49), koje predstavljaju temena horizontalnih krivina i nalaze se na mestima priključaka drugih ulica. Dužina ovih horizontalnih krivina



iznosi 0 m. Ovo je rešenje geometrije same situacije, jer je projektant morao da uklopi geometriju novoprojektovane saobraćajnice sa postojećim, u nivou raskrsnica. Prema tome, može se zanemariti postojanje horizontalnih krivina i smatrati da je cela saobraćajnica u pravcu.

Projektom saobraćaja predviđeno je dvosmerno kretanje vozila. Ulica poseduje dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer kretanja. Širina saobraćajnih traka iznosi 3 m, pa je ukupna širina kolovoza 6 m. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Posmatrano u smeru rasta stacionaže, leva pešačka staza je konstantne širine od 2,5 m. Desna pešačka staza većim delom deonice ima širinu od 4,5 m, ali na delu između profila sa stacionažom km 0+081,88 i km 0+117,42 širina iznosi 1,5 m. Ova širina uslovljena je regulacionom linijom susedne parcele. Poprečni nagib kolovoza iznosi 2,0% i orijentisan je udesno. Pešačke staze su denivelisane u odnosu na kolovoz i odvojene položenim ivičnjakom 12/18 cm. Ukupna denivelacija iznosi 6 cm. Poprečni nagib pešačkih staza usmeren je ka kolovozu i iznosi 2,0%.

Na uzdužnom profilu analizirane ulice mogu se uočiti 11 tačaka preloma nivelete, kao što je prikazano u prilogu 50. Svaka od ovih tačaka predstavlja teme vertikalnog zaobljenja nivelete, od kojih je 6 konkavnih i 5 konveksnih.

Radijusi ovih krivina su:

- $R_1=200$ m (konkavna, na stacionaži km 0+006,11),
- $R_2=1000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+044,66),
- $R_3=500$ m (konveksna, na stacionaži km 0+080,38),
- $R_4=1000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+138,54),
- $R_5=2000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+214,77),
- $R_6=1000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+267,56),
- $R_7=500$ m (konkavna, na stacionaži km 0+212,20),
- $R_8=1000$ m (konkavna, na stacionaži km 0+211,83),
- $R_9=300$ m (konveksna, na stacionaži km 0+274,54),
- $R_{10}=150$ m (konveksna, na stacionaži km 0+379,08),
- $R_{11}=125$ m (konkavna, na stacionaži km 0+417,60).

Sa uzdužnog profila mogu se videti i podužni nagibi nivelete, čije vrednosti iznose:

- $i_1= 0,35$ %,
- $i_2= 4,90$ %,
- $i_3= 9,10$ %,



- $i_4 = 4,19 \%$,
- $i_5 = -0,97 \%$,
- $i_6 = -0,35 \%$,
- $i_7 = -4,55 \%$,
- $i_8 = -0,78 \%$,
- $i_9 = 0,64 \%$,
- $i_{10} = -2,30 \%$,
- $i_{11} = -8,93 \%$,
- $i_{12} = -3,01 \%$.

Kolovoznu konstrukciju pešačkih staza i kolovoza čini fleksibilna konstrukcija, koja se sastoji od asfaltnih i nevezanih slojeva. Asfaltne slojeve čine habajući sloj od asfaltbetona AB11s, debljine 5 cm i nosećeg sloja BNS22, debljine 7 cm. Nevezane slojeve čine tamponski sloj 0-31,5, debljine 20 cm i sloj drobljenog kamenog agregata, debljine 25 cm. U prilogu 51 prikazan je karakterističan poprečni profil Geteove ulice.

Ovim korakom završena je priprema podataka za unos i počinje rad algoritma. S obzirom da se radi o saobraćajnici koja spada u kategoriju sabirnih, $i=2$. Prvi korak ove faze algoritma predstavlja ispitivanje intenziteta saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje predmetne ulice spada u kategoriju srednjeg, pa algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze na delu pešačke staze, odvojene ivičnjakom. Sledeći upit, ove faze algoritma, proverava da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Ulica je predviđena za kretanje dvosmernog saobraćaja, pa se zatim ispituje da li je širina pešačkih staza veća ili jednaka širini od 2 m. Kao što je već rečeno, obe pešačke staze imaju širinu veću od 2 m, osim na jednom delu desne pešačke staze, gde je širina tog dela 1,5 m. U ovom konkretnom slučaju algoritam će smatrati da je širina pešačkih staza veća od 2 m, jer leva pešačka staza ima konstantnu širinu, celom dužinom analizirane deonice, i ona iznosi 2,5 m. Na osnovu toga, algoritam predlaže preliminarno rešenje [49], koje glasi: postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom, na delu pešačke staze sa manjim intenzitetom pešačkog saobraćaja. Što se tiče Geteove ulice, zbog pojave diskontinuiteta u širini desne pešačke staze, biciklistička staza bi bila locirana na delu leve pešačke staze, uz kolovoz. Nakon ovog koraka sledi analiza geometrije Geteove ulice. Ulazni parametri ove faze su:

- računska brzina, $V_r = 50 \text{ km/h}$,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=11$,

- broj preloma nivelete, $t=11$.

Sledi analiza horizontalnih krivina predmetne ulice. S obzirom da je ulica, celom svojom dužinom, u pravcu, ovaj korak se preskače.

Potom sledi unos podužnih nagiba kao niz elemenata. Petljom se ispituju da li su pojedinačne vrednosti dva uzastopna nagiba veće od 5%. Algoritam zaključuje da ne postoji slučaj koji ispunjuje zadati uslov. Takođe, nije potrebno vršiti vertikalno zaobljenje nivelete i biciklistička infrastruktura preuzima vertikalnu geometriju analizirane saobraćajnice. Nakon ovog sledi i finalni korak analize, a to je upit koji primenom petlje proverava da li postoji podužni nagib nivelete čija je vrednost veća od 10%. Po završetku ove provere, ustanovljeno je da ne postoji nijedan podužni nagib čija vrednost je prekoračila 10%. Ovim upitom je završena analiza algoritmom i usvojeno je preliminarno rešenje, predstavljeno u tabeli 5.14.

Tabela 5.14 Izveštaj analize ulice Franca Vintera

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Geteova ulica	
Dužina analizirane deonice:	421,33 m	
Saobraćajno opterećenje:	Srednje	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	2,50 m	
Širina leve pešačke staze:	2,00 m	
Širina desne pešačke staze:	1,50 – 4,50 m (promenljiva)	
Broj preloma nivelete:	11	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1= 0,35 \%$, $i_2= 4,90 \%$, $i_3= 9,10 \%$, $i_4= 4,19 \%$, $i_5= -0,97 \%$, $i_6= -0,35 \%$, $i_7= -4,55 \%$, $i_8= -0,78 \%$, $i_9= 0,64 \%$, $i_{10}= -2,30 \%$, $i_{11}= -8,93 \%$, $i_{12}= -3,01 \%$.	
Broj vertikalnih krivina:	11	
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=200 \text{ m}$, $R_{v2}=1000 \text{ m}$, $R_{v3}=500 \text{ m}$, $R_{v4}=1000 \text{ m}$, $R_{v5}=2000 \text{ m}$, $R_{v6}=1000 \text{ m}$,	



	$R_{v7}=500\text{ m}$, $R_{v8}=1000\text{ m}$, $R_{v9}=300\text{ m}$, $R_{v10}=150\text{ m}$, $R_{v11}=125\text{ m}$
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička staza
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Dvosmerno
Lokacija:	Na delu leve pešačke staze
Širina:	1,00 – 1,20 m
Denivelacija ivičnjakom:	Da
Poprečni nagib:	1,0%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	11
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.3.4 Ulica Bete Vukanovića

Ulica Bete Vukanovića spada u kategoriju sabirnih gradskih saobraćajnica. Nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Pantelejev. Na slici 5.20 prikazan je položaj predmetne ulice [68].



Slika 5.20 Položaja ulice Bete Vukanovića [68]

Pregledom situacionog plana, uočeno je da ulica sadrži 26 profila, a njena ukupna dužina iznosi 205,45 m, što predstavlja stacionažu poslednjeg profila [68]. Ulica Bete Vukanovića ne sadrži horizontalne krivine, tj. ulica je u pravcu. U prilogu 52 prikazan je situacioni plan predmetne ulice.

Kolovozna površina sastoji se od dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer kretanja vozila. Širina saobraćajne trake iznosi 3 m, pa ukupna širina kolovoza iznosi 6 m [68]. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze promenljivih širina. Ova promena je zanemarljivo mala, pa se može usvojiti da je širina pešačkih staza 1,5 m kao što je prikazano u prilogu 53. Kolovozna površina ima konstantan poprečni nagib od 2,0% i orijentisan je udesno, posmatrano u smeru rasta stacionaže. Poprečni nagib pešačkih staza orijentisan je ka kolovozu i njegova vrednost iznosi 2,0%. Kolovoznu konstrukciju čine asfaltni i nevezani slojevi. Asfaltni slojeve čine habajući sloj AB11s (5 cm) i noseći sloj NMS32 (7 cm). Nevezane slojeve čine sloj drobljenog kamenog agregata 0-31,5 (20 cm) i tamponski sloj 0-63 (25 cm).

Pregledom uzdužnog profila uočeno je 6 tačaka preloma nivelete. Analizirana ulica sadrži dve konkavne i četiri konveksne krivine. Poluprečnici vertikalnih zaobljenja su sledeći:

- $R_1 = 100$ m (konkavna, na stacionaži km 0+005,05),
- $R_2 = 150$ m (konveksna, na stacionaži km 0+012,27),



- $R_3 = 400$ m (konveksna, na stacionaži km 0+034,02),
- $R_4 = 600$ m (konkavna, na stacionaži km 0+058,46),
- $R_5 = 2000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+093,28),
- $R_6 = 600$ m (konveksna, na stacionaži km 0+173,03).

Podužni nagibi nivelete, posmatrano u smeru rasta stacionaže, imaju sledeće vrednosti:

- $i_1 = 2,01$ %,
- $i_2 = 8,11$ %,
- $i_3 = 2,75$ %,
- $i_4 = -0,91$ %,
- $i_5 = 1,30$ %,
- $i_6 = 0,22$ %,
- $i_7 = -3,86$ %.

U prilogu 54 je prikazan uzdužni profil analizirane ulice [68].

Nakon izvršene analize geometrijskih elemenata saobraćajnice, prikupljeni su podaci za dalju analizu primenom algoritma. Ulica Bete Vukanovića spada u kategoriju sabirnih gradskih saobraćajnica, pa je $i = 3$. Prvi upit ovog dela algoritma analizira intenzitet saobraćajnog opterećenja, koje za predmetnu saobraćajnicu spada u kategoriju lakog saobraćajnog opterećenja. Algoritam potom daje predlog pozicije i tipa biciklističke površine. Predloženo rešenje podrazumeva postavljanje jednosmerne biciklističke trake uz desnu ivicu kolovoza, obojene crvenom bojom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Zatim, sledi upit koji proverava da li je analizirana saobraćajnica jednosmerna ili dvosmerna. S obzirom na to da se radi o dvosmernoj saobraćajnici, algoritam dalje ispituje da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Kao što je ranije rečeno, širina pešačkih staza iznosi 1,5 m, pa postavljeni uslov nije ispunjen. Potom, algoritam proverava da li je širina pešačkih staza konstantna ili promenljiva. Zbog zanemarljivo male razlike, usvojena je konstantna širina pešačkih staza, pa algoritam predlaže postavljanje jednosmerne biciklističke trake, širine od 0,6 do 0,8 m, obojene crvenom bojom, uz desnu ivicu kolovoza sa pratećom saobraćajnom signalizacijom.

Zatim, algoritam ulazi u narednu fazu koja analizira horizontalnu i vertikalnu geometriju saobraćajnice. Ulazni podaci ove faze su:

- računska brzina, $V_r = 30$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n = 0$,
- broj vertikalnih krivina, $m = 6$,
- broj preloma nivelete, $t = 6$.

Prvi korak ove faze predstavlja analizu poluprečnika horizontalnih krivina. Kao što je ranije rečeno, analizirana ulica je u pravcu, tj. nema horizontalne krivine. Potom, sledi formiranje niza i unos elemenata niza, čije vrednosti predstavljaju podužne nagibe nivelete. Nakon ovog koraka, primenom for-petlje, algoritam proverava da li postoje dva uzastopna nagiba čije vrednosti prelaze 5% pojedinačno. Nakon završetka ovog koraka, algoritam je ustanovio da ne postoje dva uzastopna nagiba čije vrednosti prelaze 5%, pa zaključuje da nije potrebno vršiti dodatna zaobljenja nivelete biciklističke infrastrukture. Zatim, sledi korak koji, primenom ranije formiranog niza, proverava da li postoji nagib nivelete koji je veći od 10%. S obzirom da nijedan podužni nagib nivelete nije veći od 10%, algoritam usvaja preliminarno rešenje kao konačno i formira izveštaj prikazan tabelom 5.15 [68].

Tabela 5.15 Izveštaj analize ulice Bete Vukanovića [68]

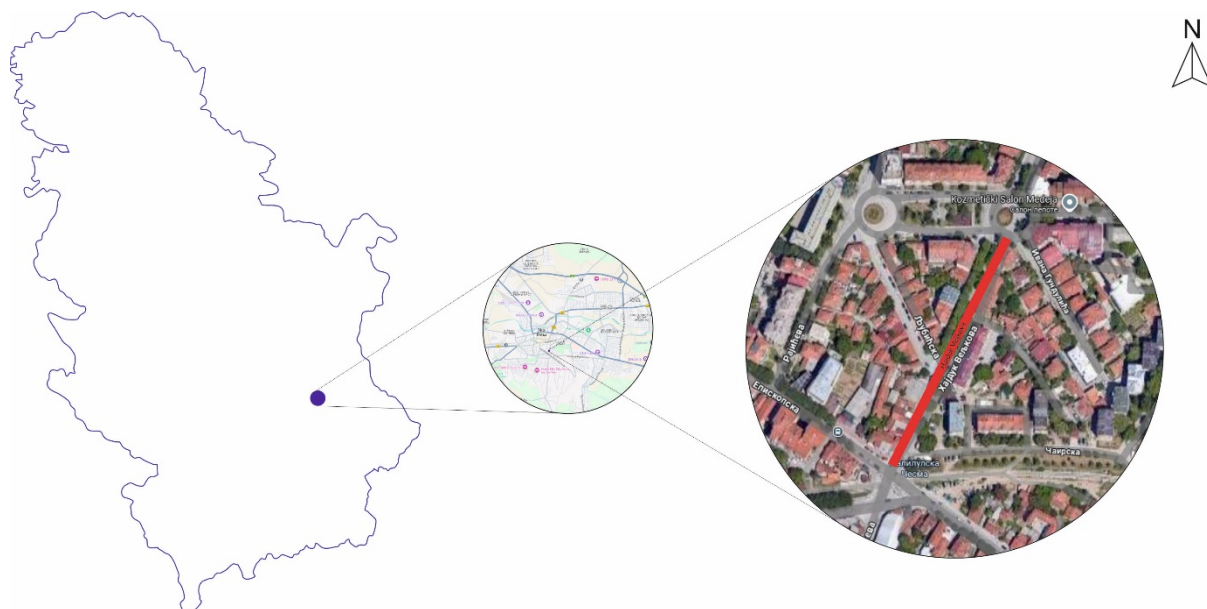
ULAZNI PODACI:	
Pristupna	Sabirna
Naziv ulice:	Bete Vukanović
Dužina analizirane deonice:	205,45 m
Saobraćajno opterećenje:	Lako
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno
Broj kolovoznih traka:	2
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1
Širina saobraćajne trake:	3,00 m
Širina leve pešačke staze:	1,5 m
Širina desne pešačke staze:	1,5 m
Broj preloma nivelete:	6
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = 2,01\%$, $i_2 = 8,11\%$, $i_3 = 2,75\%$, $i_4 = -0,91\%$, $i_5 = 1,30\%$, $i_6 = 0,22\%$, $i_7 = -3,86\%$.
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=100$ m, $R_{v2}=150$ m, $R_{v3}=400$ m, $R_{v4}=600$ m, $R_{v5}=2000$ m, $R_{v6}=600$ m
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/



Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,0%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,0%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	6
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička površina preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.3.5 Hajduk Veljkova ulica

Hajduk Veljkova ulica nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Palilula (slika 5.21). Projektom saobraćaja predviđena je za odvijanje dvosmernog saobraćaja. U ovoj analizi analizirana je deonica od Palilulske rampe do kružne raskrsnice sa ulicom Učitelj Tasa, zbog dostupnosti podataka.



Slika 5.21 Položaja Hajduk Veljkove ulice

Uvidom u projekat, ulica sadrži 24 poprečna profila (prilog 55). Međutim analiza će biti sprovedena od prvog do šesnaestog poprečnog profila, jer ostali profili obuhvataju deo kružne raskrsnice. Ukupna dužina analizirane deonice iznosi 177,34 m, što predstavlja stacionažu na profilu 16.

Kolovozna površina predmetne ulice sastoji se od dve kolovozne trake za svaki smer kretanja vozila, a svaka kolovozna traka sastoji se od jedne saobraćajne trake. Širina kolovozne trake iznosi 3,5 m, pa je ukupna širina kolovoza 7 m. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze promenljivih širina. Na većem delu, analizirane deonice, širina desne pešačke staze je 4, a leve 2,4 m. Neophodno je napomenuti da na pešačkim stazama postoji drvoređ i da je predviđeno parkiranje motornih vozila. Poprečni nagib kolovoza je dvovodni, njegova vrednost iznosi 2,5% i ona je konstantna celom dužinom deonice. Poprečni nagib pešačkih staza iznosi takođe 2,5% i orijentisan je ka kolovozu. Pešačke staze odvojene su od kolovoza denivelacijom koja je ostvarena ivičnjakom dimenzija 18/24 cm. Na situacionom planu nisu uočene tačke preloma nivelete u horizontalnoj ravni, čime je ustanovljeno da je deonica u pravcu i da ne postoje horizontalne krivine.



Pregledom uzdužnog profila (prilog 56) uočena je jedna tačka preloma nivelete, koja predstavlja i teme vertikalne krivine. Vertikalna krivina je konkavna, radijusa $R = 5000$ m, a njeno teme se nalazi na stacionaži km 0+083,52.

Shodno tome, analizirana deonica sadrži da podužna nagiba, čije su vrednosti:

- $i_1 = -2,00$ %,
- $i_2 = -0,78$ %.

Kolovozna konstrukcija spada u kategoriju fleksibilnih konstrukcija, koju čine asfaltni i nevezani slojevi. Pregledom poprečnih profila, definisanih projektom, nisu prikazani navedeni slojevi, njihove dimenzije, kao ni koje vrste mešavina su korišćene prilikom izrade kolovozne konstrukcije. U prilogu 57 prikazan je karakteristični poprečni profil analizirane saobraćajnice.

Ovim korakom ispunjeni su uslovi i prikupljeni podaci neophodni za rad algoritma. Hajduk Veljkova ulica spada u kategoriju sabirnih gradskih saobraćajnica, prema tome $i = 2$. Prvi korak jeste provera saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje spada u kategoriju srednjeg, pa algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, odvojene ivičnjakom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Naredni upit ispituje da li je ulica jednosmerna ili dvosmerna. Kao što je ranije rečeno, ulica je predviđena za dvosmerno kretanje saobraćaja. Potom se ispituje da li je širina pešačkih staza veća od 2 m. Iz pređašnje analize ustanovljeno je da je širina pešačkih staza veća od 2 m, međutim, stoji napomena da na delu obe pešačke staze postoji drvored i predviđeno je parkiranje motornih vozila. Prema tome, iz navedenih razloga, smatraće se da je širina pešačkih staza manja od 2 m, za potrebe algoritamske analize. Zatim, sledi upit koji određuje da li je širina pešačkih staza promenljiva ili ne. Širina obe pešačke staze jeste promenljiva nakon čega algoritam daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake ili staze sa obe strane saobraćajnice u širini od 0,6 do 0,8 m, u mešovitom profilu, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom. Ovo rešenje je u skladu sa prethodnim, s obzirom da mešoviti profil podrazumeva kombinovanje biciklističke staze i trake, u zavisnosti od geometrijskih i bezbednosnih uslova saobraćajnice. Mešoviti profil ostavlja prostor projektantu da, nakon sagledavanja čitave deonice i načina odvijanja saobraćaja, sam odluči da li će profil biti mešovit [50] ili se može opredeliti samo za biciklističku traku ili samo za biciklističku stazu.

Nakon završetka ove faze algoritma, sledi analiza geometrijskih elemenata predmetne saobraćajnice. U prvom koraku sledi rekapitulacija i unos ranije prikupljenih podataka. Ulazni podaci ove faze su sledeći:

- računska brzina, $V_r=50$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=1$,
- broj preloma nivelete, $t=1$.

Prvi upit ove faze analizira i upoređuje poluprečnike horizontalnih krivina sa minimalnom vrednošću radijusa. S obzirom da je analizirana deonica u pravcu i ne postoje horizontalne krivine, ovaj deo analize se odmah završava. Potom, formira se niz čiji članovi predstavljaju podužne nagibe unete redom, u smeru rasta stacionaže. Nakon toga, počinje petlja koja prolazi kroz niz i proverava da li bilo koja dva uzastopna člana niza imaju veću vrednost od 5%. Niveleta saobraćajnice sadrži dva podužna nagiba čije su vrednosti manje od granice definisane upitom. Prema tome, algoritam predlaže da buduća biciklistička infrastruktura preuzme vertikalnu geometriju analizirane saobraćajnice.

Zatim, sledi dalje ispitivanje članova unetog niza putem nove petlje. Petljom se prolazi kroz niz i proverava da li postoji podužni nagib nivelete veći od 10%. Ukoliko bi postojao, sledila bi analiza dužine deonice pod tim nagibom, iz uslova gradske vožnje bicikala. Algoritam je ustanovio da nijedan podužni nagib nema vrednost veću od 10%, čije je kompletna analiza završena. Preliminarno rešenje je usvojeno kao konačno i prikazano je izveštajem u vidu tabele 5.16.

Tabela 5.16 Izveštaj analize Hajduk Veljkove ulice

ULAZNI PODACI:	
Pristupna	Sabirna
Naziv ulice:	Hajduk Veljkova
Dužina analizirane deonice:	177,34 m
Saobraćajno opterećenje:	Srednje
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno
Broj kolovoznih traka:	2
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1
Širina saobraćajne trake:	3,50 m



Širina leve pešačke staze:	2,4 m (promenljiva)
Širina desne pešačke staze:	4,0 m (promenljiva)
Broj preloma nivelete:	1
Podužni nagibi nivelete:	$i_1 = 0,35\%$, $i_2 = 4,90\%$
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1} = 5000$ m
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Dvovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,5%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,5%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka/staza (mešoviti profil)
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	1
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička površina preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.4 Analiza magistralnih ulica

5.4.1 Analiza Dušanove ulice

Dušanova ulica nalazi se u samom gradskom jezgru grada Niša, na teritoriji opštine Medijana i spada u kategoriju magistralnih ulica (slika 5.22). Ovoj analizi biće podvrgnut deo Dušanove ulice, od raskrsnice sa ulicom Nikole Pašića do raskrsnice sa ulicom Vojvode Mišića, zbog dostupnosti podataka. Deo ulice koji će biti analiziran predviđen je za odvijanje dvosmernog saobraćaja.



Slika 5.22 Položaj Dušanove ulice

Uvidom u situacioni plan konstatovano je da je cela deonica u pravcu, odnosno da nema horizontalnih krivina (prilog 58). Kolovoznu površinu čine dve kolovozne trake, sa po jednom saobraćajnom trakom za svaki smer. Širina saobraćajne trake iznosi 4,0 m, pa je ukupna širina kolovoza 8,0 m. Vrednost poprečnog nagiba kolovoza iznosi 2,5% i dvovodne je orijentacije. Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze, odvojene betonskom ivičnjakom dimenzija 20/24 cm. Širine pešačkih staza su promenljive i kreću se u intervalu od 2,05 do 4,26 m. Poprečni nagib pešačkih staza orijentisan je ka kolovozu i iznosi 2,0%.

Na uzdužnom profilu (prilog 59) analizirane deonice primećene su četiri vertikalne krivine, od kojih je jedna konkavna i tri konveksne. Radijusi pomenutih krivina su:

$R_1=5000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+099,68),

$R_2=159005,6$ m (konveksna, na stacionaži km 0+185,42),

$R_3=2500$ m (konkavna, na stacionaži km 0+345,21),

$R_4=5000$ m (konveksna, na stacionaži km 0+382,02).

Vrednosti podužnih nagiba nivelete su:



- $i_1 = 0,34 \%$,
- $i_2 = -0,22 \%$,
- $i_3 = -0,27 \%$,
- $i_4 = 0,46 \%$,
- $i_5 = 0,18 \%$.

Kolovozna konstrukcija pešačkih staza i kolovoza spada u kategoriju fleksibilnih konstrukcija i čine je asfaltni i nevezani slojevi. S obzirom na to da je za potrebe ovog istraživanja bila dostupna samo grafička dokumentacija za radove na periodičnom održavanju, poznate su samo vrste asfaltnih mešavina završnih slojeva kolovoza. Asfaltne slojeve kolovoza čini habajući sloj, mešavine AB11s, debljine 4 cm, i noseći sloj mešavine BNS22, debljine 5 cm. U prilogu 60 prikazan je karakterističan poprečni profil predmetne ulice.

Nakon prikupljenih podataka, algoritam počinje sa radom. Dušanova ulica spada u kategoriju magistralnih gradskih saobraćajnica, zbog čega je $i=1$. Zatim sledi upit koji proverava da li je širina pešačkih staza veća od 3 m. Širine pešačkih staza nisu konstantne i kreću se u rasponu od 2,05 do 4,26 m. Shodno tome, uslov ovog upita nije ispunjen i algoritam odmah daje preliminarno rešenje koje predviđa postavljanje jednosmerne biciklističke trake u svakoj kolovoznoj traci, uz desnu ivicu kolovoza, sa pratećom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Dalje sledi korak koji proverava intenzitet saobraćajnog opterećenja. Saobraćajno opterećenje analizirane ulice spada u kategoriju lakog saobraćajnog opterećenja, čime se potvrđuje raniji predlog postavljanja biciklističke trake. S obzirom na to da je predloženo rešenje biciklistička traka, u narednom upitu sledi da je $j=1$. Zatim, algoritam proverava da li postoji prisustvo javnih objekata, kao što su tržišni centri, objekti kulture, parkovi itd. Javni objekti, na delu analizirane ulice, ne postoje. Ovim korakom počinje sledeća faza algoritma koja se bavi analizom geometrijskih elemenata saobraćajnice. Ulazni podaci ove faze su:

- računska brzina, $V_r=50$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n=0$,
- broj vertikalnih krivina, $m=4$,
- broj preloma nivelete, $t=4$.

Nakon unosa neophodnih podataka sledi prvi korak ove faze, a to je poređenje poluprečnika horizontalnih krivina sa minimalnom vrednošću, koju algoritam računa na osnovu računске brzine. Analizirana deonica Dušanove ulice je u pravcu, što znači da ne postoje horizontalne krivine. Prema tome, ovaj korak se odmah završava. Zatim, sledi provera

vertikalne geometrije ulice. Algoritam formira niz, čiji elementi predstavljaju vrednosti podužnih nagiba nivelete. Nakon unosa svih elemenata, primenom petlje, algoritam prolazi kroz niz i proverava da li postoje dva uzastopna pojedinačna elementa čija je vrednost veća od vrednosti nagiba od 5%. Po završetku ove petlje, algoritam je ustanovio da nije potrebno izvršiti vertikalna zaobljenja nivelete. Tačnije, buduća biciklistička infrastruktura preužeće vertikalnu geometriju saobraćajnice. Finalni korak ove faze predstavlja ispitivanje podužnih nagiba nivelete sa aspekta uslova gradske vožnje bicikala. Primenom petlje algoritam prolazi kroz ranije formiran niz i proverava se da li postoji podužni nagib nivelete čija je vrednost veća od 10%. Ukoliko bi bilo nagiba koji je veći od 10%, proveravala bi se dužina deonice pod tim nagibom. Nijedan podužni nagib nivelete nema vrednost veću od 10%, čime se završava analiza. Usvaja se preliminarno rešenje kao konačno i formira se izveštaj prikazan u tabeli 5.17.

Tabela 5.17 Izveštaj analize ulice Cara Dušana

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Ulica Cara Dušana	
Dužina analizirane deonice:	378,06 m	
Saobraćajno opterećenje:	Lako	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	1	
Širina saobraćajne trake:	4,00 m	
Širina leve pešačke staze:	2,05 - 4,26 m (promenljiva)	
Širina desne pešačke staze:	2,05 - 4,26 m (promenljiva)	
Broj preloma nivelete:	4	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=0,34\%$, $i_2=-0,22\%$, $i_3=-0,27\%$, $i_4=0,46\%$, $i_4=0,18\%$.	
Broj vertikalnih krivina:	4	
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=5000$ m, $R_{v2}=159005,6$ m, $R_{v3}=2500$ m, $R_{v4}=5000$ m.	
Broj horizontalnih krivina:	0	
Radijusi horizontalnih krivina:	/	



Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Dvovodni
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,0%
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,0%
PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička traka
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Jednosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	0,6 – 0,8 m
Denivelacija ivičnjakom:	Ne
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	4
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička traka preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.4.2 Bulevar Heroja sa Košara

Bulevar Heroja sa Košara spada u kategoriju magistralnih gradskih saobraćajnica. Nalazi se u Nišu, na teritoriji opštine Crveni krst. Na slici 5.23 prikazan je položaj ulice [68].



Slika 5.23 Položaj bulevara Heroja sa Košara [68]

Ulica sadrži 43 poprečnih profila, sa krajnjom stacionažom km 0+746,39, što predstavlja i ukupnu dužinu same ulice [68]. Deonica od prvog do profila četrdesetog (stacionaža km 0+700) biće analizirani u daljem tekstu. Kolovoznu površinu čine dve kolovozne trake, sa po dve saobraćajne trake za svaki smer kretanja vozila [70]. Širina saobraćajne trake iznosi 3,25 m, pa je ukupna širina jedne kolovozne trake 6,50 m. Između kolovoznih traka nalazi se denivelisana razdelna traka širine 1,5 m. Pregledom situacionog plana nisu uočene horizontalne krivine, tj. saobraćajnica je celom svojom dužinom u pravcu. U prilogu 61 prikazan je situacioni plan analizirane ulice [68].

Sa obe strane kolovoza nalaze se pešačke staze. Širina desne pešačke staze iznosi 5,5 m, a leve 3,0 m. Desna pešačka staza odvojena je od kolovoza denivelisanom razdelnom trakom širine 1,0 m. Svaka kolovozna traka ima jednovodni nagib orijentisan ka pešačkim stazama, a vrednost ovog nagiba iznosi 2,5%. Pešačke staze imaju poprečni nagib ka kolovozu i on iznosi 2,5%. Pešačke staze su od kolovoza odvojene ivičnjacima dimenzija 18/24. U prilogu 62 prikazan je karakterističan poprečni profil Bulevara Heroja sa Košara.

Kolovozna konstrukcija spada u grupu fleksibilnih konstrukcija i čine je asfaltni i nevezani slojevi. Asfaltni slojeve čini habajući sloj AB11s (7 cm) i noseći sloj BNS32s (10



cm). Nevezani slojevi sačinjeni su od sloja drobljenog kamenog agregata 0-31,5 (20 cm) i tamponskog sloja šljunka 0-63 (30 cm).

Pregledom uzdužnog profila uočena je jedna tačka preloma nivelete na stacionaži km 0+589,56. Ova tačka predstavlja teme vertikalne konkavne krivine, poluprečnika $R_{v1} = 12850$ m. Podužni nagibi nivelete su:

- $i_1 = 0,30 \%$,
- $i_2 = 1,60 \%$.

U prilogu 63 prikazan je uzdužni profil analizirane ulice.

Nakon analize geometrijskih elemenata i prikupljanja podataka, sledi analiza primenom algoritma. Kao što je ranije rečeno, Bulevar Heroja sa Košara spada u magistralnu gradsku saobraćajnicu, pa je $i = 3$. Prvi upit proverava da li je širina pešačkih staza veća ili jednaka širini od 3 m. Odgovor ovog upita biće pozitivan, pa sledi provera postojanja drvoreda. Analizirana saobraćajnica nema drvored, pa algoritam predlaže postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, odvojene ivičnjakom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. Sledeći upit analizira intenzitet saobraćajnog opterećenja. Bulevar Heroja sa Košara ima saobraćajno opterećenje koje spada u grupu srednjeg saobraćajnog opterećenja, pa algoritam potvrđuje prethodni predlog rešenja, a to je postavljanje denivelisane biciklističke staze. S obzirom na to da je predloženo rešenje biciklistička staza, algoritam dalje analizira da li postoje javni objekti ka kojima veći broj ljudi gravitira. U blizini predmetne saobraćajnice ne postoje pomenuti objekti, čime se ova faza analize završava.

Naredna faza predstavlja analiza vertikalne i horizontalne geometrije. Ulazni podaci ove faze su [68]:

- računska brzina, $V_r = 60$ km/h,
- broj horizontalnih krivina, $n = 0$,
- broj vertikalnih krivina, $m = 1$,
- broj preloma nivelete, $t = 1$.

Prvi korak ove faze analizira vrednosti poluprečnika horizontalnih krivina. S obzirom na to da je predmetna ulica u pravcu i da ne postoje horizontalne krivine, ovaj korak se odmah završava. Zatim, sledi formiranje niza, čiji elementi predstavljaju vrednosti podužnih nagiba. Nakon formiranja niza, u narednom koraku, primenom for-petlje, algoritam prolazi kroz niz i ispituje da li postoje dva uzastopna podužna nagiba čije su vrednosti veće od 5%. Analizirana ulica ima samo dva podužna nagiba, čije vrednosti su manje od 5%, pa algoritam zaključuje da nije potrebno vršiti dodatna vertikalna zaobljenja nivelete biciklističke staze. Potom, primenom



ranije formiranog niza, algoritam proverava da li postoji nagib čija je vrednost veća od 10%. Nijedan nagib predmetne saobraćajnice nema vrednost veću od 10%, čime se ova faza završava i preliminarno rešenje se usvaja kao konačno. Konačno rešenje podrazumeva postavljanje dvosmerne denivelisane biciklističke staze, obojene crvenom bojom, sa pratećom saobraćajnom signalizacijom. S obzirom na to da je desna pešačka staza znatno šira od leve, pozicija biciklističke staze bi bila na delu desne pešačke staze. U tabeli 5.18 prikazan je izveštaj sprovedene analize [68].

Tabela 5.18 Izveštaj analize bulevara Heroja sa Košara [68]

ULAZNI PODACI:		
Pristupna	Sabirna	Magistralna
Naziv ulice:	Bulevar Heroja sa Košara	
Dužina analizirane deonice:	700,00 m	
Saobraćajno opterećenje:	Srednje	
Smer kretanja vozila:	Dvosmerno	
Broj kolovoznih traka:	2	
Broj saobraćajnih traka po smeru:	2	
Širina saobraćajne trake:	3,25 m	
Širina leve pešačke staze:	3,00 m	
Širina desne pešačke staze:	5,5 m	
Broj preloma nivelete:	1	
Podužni nagibi nivelete:	$i_1=0,30\%$, $i_2=1,60\%$	
Broj vertikalnih krivina:	1	
Radijusi vertikalnih krivina:	$R_{v1}=12850$ m	
Broj horizontalnih krivina:	0	
Radijusi horizontalnih krivina:	/	
Tip poprečnog nagiba kolovoza:	Jednovodni	
Poprečni nagib kolovoza:	2,5%	
Poprečni nagib leve pešačke staze:	2,5%	
Poprečni nagib desne pešačke staze:	2,5%	



PREDLOŽENO REŠENJE	
Tip biciklističke površine:	Biciklistička staza
Smer odvijanja biciklističkog saobraćaja:	Dvosmerno
Lokacija:	Na kolovozu
Širina:	1,2 m – 1,5 m
Denivelacija ivičnjakom:	Da
Poprečni nagib:	2,5%
Broj horizontalnih krivina:	0
Radijusi horizontalnih krivina:	/
Broj vertikalnih krivina:	4
Radijusi vertikalnih krivina:	Biciklistička staza preuzima vertikalnu geometriju gradske saobraćajnice
Dodatne mere:	Biciklističku površinu obojiti crvenom bojom
Saobraćajna signalizacija:	Obeležiti površinu horizontalnom i vertikalnom saobraćajnom signalizacijom

5.5 Diskusija

Primenom razvijenog algoritma sprovedena je analiza gradskih saobraćajnica u Nišu pokazala je da, uprkos različitim geometrijskim karakteristikama, većina ulica poseduje minimalne uslove za pozicioniranje biciklističkih površina. Algoritam je izvršio klasifikaciju svih ulica i dao predlog rešenja, na osnovu ulaznih podataka. U većini slučajeva, analizirane ulice imaju zadovoljavajuće geometrijske karakteristike za uspostavljanje biciklističkih površina. Najčešće predloženo rešenje bilo je pozicioniranje biciklističke trake na kolovozu. Razlog tome bilo je najčešće postojanje pešačkih staza koje nisu imale dovoljnu širinu za nesmetano kretanje pešaka i biciklista. Takođe, algoritam je u pojedinim slučajevima odbacio predloženo rešenje zbog postojanja rizika od ugrožavanja bezbednosti biciklista. Algoritam je pokazao da uspešno određuje ograničenja i prednosti svake ulice i da uspešno predlaže tehnička rešenja koja su prilagođena specifičnostima svake ulice. Takođe, algoritam se pokazao kao koristan alat prilikom donošenja odluka, jer uzima u obzir bitne tehničke i bezbednosne parametre svake saobraćajnice. Primena razvijenog algoritma može značajno doprineti planiranju i stepenu održivosti saobraćajnog sistema u urbanim sredinama, kao i unapređenju



mobilnosti u gradovima. Dalje usavršavanje i razrada algoritma može biti osnova prilikom izrade i donošenja prostornih planova, čime se može dodatno povećati kvalitet života u gradovima.



6. ZAKLJUČAK

Sprovedeno istraživanje bavilo se problemom integracije biciklističkog saobraćaja u okviru već razvijene saobraćajne mreže grada. Potreba za ovim istraživanjem javila se na osnovu činjenice da je porast broja stanovnika u gradovima konstantan. U cilju povećanja mobilnosti i smanjenja posledica navedenog problema, formiran je algoritam koji analizira i daje predlog pozicije biciklističke infrastrukture u okviru postojeće saobraćajnice. Težište ovog istraživanja bilo je na analizi geometrijskih elemenata situacionog plana, uzdužnog i poprečnog profila, ali i saobraćajnih karakteristika.

Razvijeni algoritam koncipiran je kao logički sistem sa više povezanih faza i unapred definisanim graničnim parametrima koji uzimaju u obzir način odvijanja saobraćaja, saobraćajno opterećenje, širinu pešačkih staza, broj saobraćajnih traka, smer kretanja i računsku brzinu. Treća faza algoritma ima dodatne podfaze koje analiziraju geometrijske elemente poprečnog profila saobraćajnice, intenzitet saobraćajnog opterećenja i računsku brzinu. Svaka podfaza se bavi zasebnom analizom navedenih karakteristika magistralne, sabirne i pristupne ulice. U ovoj fazi algoritam daje preliminarno rešenje. U završnoj fazi algoritam analizira geometrijske elemente situacionog plana i uzdužnog profila ulice i potvrđuje ili opovrgava preliminarno rešenje prethodne faze.

Sprovedeno istraživanje ovog rada potvrdilo je osnovnu i dve pomoćne hipoteze. Analizom 21 gradske saobraćajnice na teritoriji grada Niša, algoritam je pokazao da uspešno sagledava sve karakteristike i specifičnosti analiziranih ulica u zavisnosti od njihove kategorije. Osnovna hipoteza, koja tvrdi da postoji zanačajan potencijal za integraciju biciklističkog saobraćaja unutar postojeće saobraćajne mreže u gradovima do 250 000 stanovnika, je potvrđena opisanom analizom 21 gradske saobraćajnice grada Niša.

Kroz detaljnu analizu ulaznih podataka sprovedenom analizom dokazana je prva pomoćna hipoteza koja tvrdi da dimenzije geometrijskih elemenata i intenzitet saobraćajnog opterećenja direktno utiču na mogućnost pozicioniranja i vrstu biciklističke infrastrukture. Algoritam je uspeo da prepozna važnost promene dimenzija geometrijskih elemenata poprečnog profila, horizontalnih i vertikalnih elemenata u cilju pronalaženja optimalnog i bezbednog rešenja.

Druga pomoćna hipoteza je takođe dokazana. Ona tvrdi da se primenom algoritma mogu analizirati postojeće gradske saobraćajnice i dati precizne preporuke i smernice u vezi tipa i pozicije biciklističkih površina. Tokom analize, algoritam je davao primenljive rezultate, u skladu sa unetim podacima, i uspešno predlagao potencijalna rešenja. Na osnovu toga,

potvrđuje se potencijal njegove primene prilikom planiranja i rekonstrukcije postojećih gradskih saobraćajnica.

Naučni doprinosi sprovedenog istraživanja su sledeći:

- Rezultat istraživanja jeste razvoj originalnog algoritma koji analizira geometrijske i saobraćajne elemente saobraćajnica i daje predlog tipa i pozicije biciklističke površine. Algoritam ima strukturu logičkog stabla, precizno definisane ulazne podatke i uslove odlučivanja. Primenom ovakve algoritamske strukture obezbeđen je objektivni pristup prilikom analize mogućnosti integracije biciklističkih površina.
- Razvijeni algoritam analizira sve tri prostorne dimenzije geometrije gradskih saobraćajnica. Analizom podataka o horizontalnoj geometriji (situacioni plan), vertikalnoj geometriji (uzdužni profil) i o geometriji poprečnog profila, algoritam pruža sveobuhvatnu procenu tehničke izvodljivosti potencijalnog rešenja. Ovakav pristup je značajan kvalitativni napredak prilikom analize saobraćajnica u urbanim sredinama.
- Algoritam vrši razvrstavanje ulica prema kategoriji gradske saobraćajnice, čime je obezbeđeno prilagođavanje i sagledavanje svih specifičnosti određene kategorije ulice. Svaka kategorija ima zaseban logički tok i analizu, čime se postiže velika preciznost prilikom donošenja predloga rešenja.
- Razvijeni model vrši analizu objektivnog stanja ulice i njene tehničke mogućnosti za inkorporaciju biciklističkih površina. Na osnovu jasno definisanih graničnih parametara, moguće je brzo i kvalitetno odrediti mogućnost bezbednog implementiranja biciklističkih površina, čime je ceo proces transparentan i zasnovan na dokazima.
- Testiranje algoritma izvršeno je na realnim gradskim saobraćajnicama, a predložena rešenja su racionalna i bezbedna. Rezultati su pokazali da je algoritam primenljiv tokom procesa projektovanja i rekonstrukcije gradskih saobraćajnica.
- Kriterijumi razvijenog algoritma prilagođeni su srednje velikim gradovima koji imaju veliku potrebu za održivim rešenjima u pogledu saobraćaja. Uvedeni kriterijumi klasifikacije intenziteta saobraćajnog opterećenja i analize računске brzine odgovaraju realnim problemima urbanih sredina u Srbiji.

Budući pravci daljeg istraživanja i razvoja predstavljenog algoritma su sledeći:



- S obzirom na to da je algoritamska struktura vrlo pogodna za kodiranje, algoritam bi mogao biti pretvoren u softverski alat. Razvijena aplikacija bi omogućila jednostavniji unos podataka i automatizaciju celog procesa rada. Time bi se značajno unapredila brzina rada prilikom planiranja ili rekonstrukcije gradskih saobraćajnica.
- Integracija algoritma sa GIS platformama bi značajno ubrzala i automatizovala mnoge procese, posebno ukoliko se javi problem nedostatka podataka. GIS platforma bi omogućila sagledavanje urbanističkih celina, u cilju sinhronizacije predloženih rešenja.
- Primena algoritma na gradove sa populacijom od 250 000 do 500 000 stanovnika omogućala bi njegovu modifikaciju i prilagođavanje drugačijim saobraćajnim i urbanističkim uslovima. Na taj način algoritam bi se dodatno unapredio sagledavajući realne probleme velikih gradova.
- Primena algoritma u zonama raskrsnica bio bi značajan napredak u razvoju celog procesa odlučivanja. Na taj način algoritam bi sagledao bitne parametre složenog načina odvijanja saobraćaja u zavisnosti od, računске brzine, geometrije i saobraćajnog uređenja raskrsnice.
- Analiza troškova primene predloženog rešenja značajno bi unapredila proces odlučivanja sa aspekta ekonomske isplativosti.
- Dodatno razvijanje algoritma za primenu prilikom planiranja budućih urbanističkih celina i biciklističke infrastrukture u okviru njih. To bi podrazumevalo analizu potrebe za primenom biciklističkih koridora u zonama koje su predviđene za dalji razvoj, kao i u okviru novih stambeno-poslovnih kompleksa. Na taj način bi se biciklistička infrastruktura planirala proaktivno.
- Modifikacija i primena algoritma prilikom izrade planskih dokumenata urbanih sredina bi dala dodatni doprinos unapređenju održivog transporta. Na taj način biciklizam bi bio prepoznatljiviji kao alternativan, zdrav i ekološki prihvatljiv vid kretanja, što bi dugoročno doprinelo brojnim benefitima u pogledu podizanja kvaliteta života u urbanim sredinama.

Prikaz sprovedenog istraživanja, koje analizira mogućnosti integracije biciklističkog saobraćaja u urbanim sredinama, je završen i prikazan u formi doktorske disertacije.

7. LITERATURA, LISTA SLIKA I LISTA TABELA KORIŠĆENIH U DISERTACIJI

- [1] D. Banister, "The sustainable mobility paradigm," *Transp Policy (Oxf)*, vol. 15, no. 2, pp. 73–80, Mar. 2008, doi: 10.1016/j.tranpol.2007.10.005.
- [2] J. K. P. Newman, "Overcoming Automobile Dependence," *Sustainability and Cities*, 1999.
- [3] Rafiemanzelat Mohammad, "Urban cycling and sustainable development: Measuring quality of bike lanes," *Sustain Cities Soc*, vol. 80.
- [4] R. Lovelace, A. Goodman, R. Aldred, N. Berkoff, A. Abbas, and J. Woodcock, "The Propensity to Cycle Tool: An open source online system for sustainable transport planning," *J Transp Land Use*, vol. 10, no. 1, Jan. 2017, doi: 10.5198/jtlu.2016.862.
- [5] J. Pucher, J. Dill, and S. Handy, "Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review," Jan. 2010. doi: 10.1016/j.ypmed.2009.07.028.
- [6] C. C. O. Reynolds, M. A. Harris, K. Teschke, P. A. Cipton, and M. Winters, "The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: A review of the literature," 2009. doi: 10.1186/1476-069X-8-47.
- [7] S. Handy, B. van Wee, and M. Kroesen, "Promoting Cycling for Transport: Research Needs and Challenges," Jan. 2014. doi: 10.1080/01441647.2013.860204.
- [8] C. N. L. B. H. M. M. R. Nina Wiedemann, "Bike network planning in limited urban space," *Transportation Research Part B*, 2024, doi: 10.3929/ethz-b-000710691.
- [9] A. Trembecka, G. Ginda, and A. Kwartnik-Pruc, "Application of the Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory Method to Assess Factors Influencing the Development of Cycling Infrastructure in Cities," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 23, Dec. 2023, doi: 10.3390/su152316421.
- [10] I. Lavrenec, T. Konovalova, M. Mironova, and I. Senin, "Preliminary planning of the network of main bike paths," in *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., 2022, pp. 2927–2932. doi: 10.1016/j.trpro.2022.06.341.
- [11] J. Zhao and Z. Fang, "Research on Campus Bike Path Planning Scheme Evaluation Based on TOPSIS Method: Wei'shui Campus Bike Path Planning as an Example," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2016, pp. 858–866. doi: 10.1016/j.proeng.2016.01.326.
- [12] M. Łukawska, M. Paulsen, T. K. Rasmussen, A. F. Jensen, and O. A. Nielsen, "A joint bicycle route choice model for various cycling frequencies and trip distances based on a large crowdsourced GPS dataset," *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 176, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.tra.2023.103834.
- [13] D. Jahanshahi, S. B. Costello, K. N. Dirks, S. Chowdhury, and B. van Wee, "Understanding Perceptions of Cycling Infrastructure Provision and its Role in Cycling Equity," in *Transportation Research Record*, vol. 2677, no. 3, SAGE Publications Ltd, 2023, pp. 820–835. doi: 10.1177/03611981221117821.
- [14] L. Wysling and R. S. Purves, "Where to improve cycling infrastructure? Assessing bicycle suitability and bikeability with open data in the city of Paris," *Transp Res Interdiscip Perspect*, vol. 15, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.trip.2022.100648.
- [15] U. Hwang, I. Kim, S. Guhathakurta, and P. Van Hentenryck, "Comparing different methods for connecting bike lanes to generate a complete bike network and identify potential complete streets in Atlanta," *Journal of Cycling and Micromobility Research*, vol. 2, p. 100015, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.jcmr.2024.100015.
- [16] I. Gaspar, J. Benavente, M. Bordagaray, B. Alonso, J. L. Moura, and Á. Ibeas, "A bilevel mathematical programming model to optimize the design of cycle paths," in

- Transportation Research Procedia*, Elsevier, 2015, pp. 423–432. doi: 10.1016/j.trpro.2015.09.092.
- [17] D. Zhuang, J. G. Jin, Y. Shen, and W. Jiang, “Understanding the bike sharing travel demand and cycle lane network: The case of Shanghai,” *Int J Sustain Transp*, vol. 15, no. 2, pp. 111–123, 2020, doi: 10.1080/15568318.2019.1699209.
- [18] X. Jia, M. O’mara, and M. Guan, “Rethinking Geometric Design Standards for Bike Paths,” *J Transp Eng*, vol. 133, pp. 539–547, 2007, doi: 10.1061/ASCE0733-947X2007133:9539.
- [19] R. J. Liñán, I. Gaspar, M. Bordagaray, J. L. Moura, and A. Ibeas, “Optimization of cycle paths with mathematical programming,” in *Transportation Research Procedia*, Elsevier, 2014, pp. 848–855. doi: 10.1016/j.trpro.2014.10.062.
- [20] R. J. LIÑÁN Ruiz, J. Pérez Aracil, and V. Cabrera Cañizares, “Mathematical optimization for planning and design of cycle paths,” *Universitat Politècnica de Valencia*, Oct. 2016, pp. 1–7. doi: 10.4995/cit2016.2016.4089.
- [21] R. Doorley, V. Pakrashi, W. Y. Szeto, and B. Ghosh, “Designing cycle networks to maximize health, environmental, and travel time impacts: An optimization-based approach,” *Int J Sustain Transp*, vol. 14, no. 5, pp. 361–374, May 2020, doi: 10.1080/15568318.2018.1559899.
- [22] P. Zhivkov and A. Simidchiev, “Development of Software Tool for Optimization and Evaluation of Cycling Routes by Characterizing Cyclist Exposure to Air Pollution,” in *Communication Papers of the 17th Conference on Computer Science and Intelligence Systems*, PTI, Sep. 2022, pp. 105–112. doi: 10.15439/2022f230.
- [23] J. Duthie, A. Unnikrishnan, and A. M. Asce, “Optimization Framework for Bicycle Network Design,” vol. 140, no. 7, 2014, doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.
- [24] J. Parks, A. Tanaka, P. Ryus, C. Monsere, N. McNeil, and M. Goodno, “Assessment of three alternative bicycle infrastructure quality-of-service metrics,” *Transp Res Rec*, no. 2387, pp. 56–65, Dec. 2013, doi: 10.3141/2387-07.
- [25] C. Lee, H. C. Shin, S. Kang, and J. B. Lee, “Measurement of desirable minimum one-way bike lane width,” *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 20, no. 2, pp. 881–889, Mar. 2016, doi: 10.1007/s12205-015-0467-0.
- [26] M. M. S. M. Z. H. A. Asadi-Shekari Zahra, “Effective Design Factors for Bicycle-Friendly Streets,” *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, vol. 9, pp. 883–887, 2015.
- [27] J. LaMondia, J. McGhee, M. Fisher, and F. Cordero, “Evaluating the Safety and Behavioral Impacts of Green Bike Lanes in Suburban Communities,” *Transp Res Rec*, vol. 2673, no. 11, pp. 671–679, Nov. 2019, doi: 10.1177/0361198119855605.
- [28] N. Foster, C. M. Monsere, J. Dill, and K. Clifton, “Level-of-service model for protected bike lanes,” *Transp Res Rec*, vol. 2520, pp. 90–99, 2015, doi: 10.3141/2520-11.
- [29] E. Makó and E. Makó, “STRATEGIES AND MEASURES TO INCREASE THE SAFETY OF CYCLING,” 2005.
- [30] H. Liu, W. Y. Szeto, and J. Long, “Bike network design problem with a path-size logit-based equilibrium constraint: Formulation, global optimization, and matheuristic,” *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 127, pp. 284–307, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.tre.2019.05.010.
- [31] A. Hull and C. O’Holleran, “Bicycle infrastructure: can good design encourage cycling?,” *Urban Plan Transp Res*, vol. 2, no. 1, pp. 369–406, Jan. 2014, doi: 10.1080/21650020.2014.955210.
- [32] M. Akbarzadeh, S. S. Mohri, and E. Yazdian, “Designing bike networks using the concept of network clusters,” *Appl Netw Sci*, vol. 3, no. 1, p. 12, Dec. 2018, doi: 10.1007/s41109-018-0069-0.

- [33] T. Ahmed, A. Pirdavani, G. Wets, and D. Janssens, “Bicycle Infrastructure Design Principles in Urban Bikeability Indices: A Systematic Review,” *Sustainability*, vol. 16, no. 6, p. 2545, Mar. 2024, doi: 10.3390/su16062545.
- [34] R. Lovelace *et al.*, “Cycle route uptake and scenario estimation (CRUSE): an approach for developing strategic cycle network planning tools,” *European Transport Research Review*, vol. 16, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1186/s12544-024-00668-8.
- [35] K. Ren, M. Jin, H. Liu, Y. Gong, and Y. Liu, “Discovering Cyclists’ Visual Preferences Through Shared Bike Trajectories and Street View Images Using Inverse Reinforcement Learning.” doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.03148>.
- [36] S. Timmons, Y. Andersson, F. P. McGowan, and P. D. Lunn, “Active travel infrastructure design and implementation: Insights from behavioral science,” *Wiley Interdiscip Rev Clim Change*, vol. 15, no. 3, p. 878, May 2024, doi: 10.1002/wcc.878.
- [37] T. Ahmed, A. Pirdavani, G. Wets, and D. Janssens, “Evaluating Bicycle Path Roughness: A Comparative Study Using Smartphone and Smart Bicycle Light Sensors,” *Sensors*, vol. 24, no. 22, Nov. 2024, doi: 10.3390/s24227210.
- [38] G. J. W. M. N. N. Teun Uijtdewilligen, “Assessing the safety of international examples of bicycle streets to identify important design elements—an expert judgement,” *Traffic Safety Research*, vol. 3, Nov. 2024.
- [39] P. Schepers, D. Twisk, E. Fishman, A. Fyhri, and A. Jensen, “The Dutch road to a high level of cycling safety,” *Saf Sci*, vol. 92, pp. 264–273, Feb. 2015, doi: 10.1016/j.ssci.2015.06.005.
- [40] M. Winters, G. Davidson, D. Kao, and K. Teschke, “Motivators and deterrents of bicycling: Comparing influences on decisions to ride,” *Transportation (Amst)*, vol. 38, no. 1, pp. 153–168, Jan. 2011, doi: 10.1007/s11116-010-9284-y.
- [41] R. Aldred, B. Elliott, J. Woodcock, and A. Goodman, “Cycling provision separated from motor traffic: a systematic review exploring whether stated preferences vary by gender and age,” *Transp Rev*, vol. 37, no. 1, pp. 29–55, Jan. 2017, doi: 10.1080/01441647.2016.1200156.
- [42] S. Gössling, “Urban transport transitions: Copenhagen, city of cyclists,” *J Transp Geogr*, vol. 33, pp. 196–206, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2013.10.013.
- [43] S. O’Hern and J. Oxley, “Understanding travel patterns to support safe active transport for older adults,” *J Transp Health*, vol. 2, no. 1, pp. 79–85, Mar. 2015, doi: 10.1016/j.jth.2014.09.016.
- [44] “Biciklističke površine, Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji,” Beograd, 2012.
- [45] E. Fishman, “Bikeshare: A Review of Recent Literature,” *Transp Rev*, vol. 36, no. 1, pp. 92–113, Jan. 2016, doi: 10.1080/01441647.2015.1033036.
- [46] “Projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima knjiga i: projektovanje dio 1: projektovanje puteva poglavlje 4: funkcionalni elementi i površine puta,” 2005.
- [47] D. M. Rupi Andrea, “Safety performance of cycle tracks: A systematic review,” *Accid Anal Prev*, vol. 144, 2020.
- [48] A. Caicedo, M. Estrada, M. Medina-Tapia, and M. Mayorga, “Optimizing bike network design: A cost-effective methodology for heterogeneous travel demands using continuous approximation techniques,” *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 176, p. 103826, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.tra.2023.103826.
- [49] M. Paulsen and J. Rich, “Welfare optimal bicycle network expansions with induced demand,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 190, p. 103095, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.trb.2024.103095.

- [50] C. Steinacker, M. Paulsen, M. Schröder, and J. Rich, “Robust design of bicycle infrastructure networks,” *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, p. 15471, May 2025, doi: 10.1038/s41598-025-99976-9.
- [51] A. V. K. J. Maletin Mihailo, *Tehnička uputstva za projektovanje deonika primarne gradske putne mreže (PGS-PM07)*. Beograd, 2007.
- [52] J. Lim, K. Dalmeijer, S. Guhathakurta, and P. Van Hentenryck, “The Bicycle Network Improvement Problem,” *J Transp Eng A Syst*, vol. 148, no. 11, Nov. 2022, doi: 10.1061/JTEPBS.0000742.
- [53] C. Steinacker, D.-M. Storch, M. Timme, and M. Schröder, “Demand-driven design of bicycle infrastructure networks for improved urban bikeability,” *Nat Comput Sci*, vol. 2, no. 10, pp. 655–664, Oct. 2022, doi: 10.1038/s43588-022-00318-w.
- [54] S. Zhu and F. Zhu, “Multi-objective bike-way network design problem with space–time accessibility constraint,” *Transportation (Amst)*, vol. 47, no. 5, pp. 2479–2503, Oct. 2020, doi: 10.1007/s11116-019-10025-7.
- [55] B. Jestico, T. Nelson, and M. Winters, “Mapping ridership using crowdsourced cycling data,” *J Transp Geogr*, vol. 52, pp. 90–97, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.03.006.
- [56] J. Hood, E. Sall, and B. Charlton, “A GPS-based bicycle route choice model for San Francisco, California,” *Transportation Letters*, vol. 3, no. 1, pp. 63–75, 2011, doi: 10.3328/TL.2011.03.01.63-75.
- [57] J. Broach, J. Dill, and J. Gliebe, “Where do cyclists ride? A route choice model developed with revealed preference GPS data,” *Transp Res Part A Policy Pract*, vol. 46, no. 10, pp. 1730–1740, 2012, doi: 10.1016/j.tra.2012.07.005.
- [58] D. M. Scott, W. Lu, and M. J. Brown, “Route choice of bike share users: Leveraging GPS data to derive choice sets,” *J Transp Geogr*, vol. 90, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102903.
- [59] E. Rappos, S. Robert, and P. Cudré-Mauroux, “A force-directed approach for offline GPS trajectory map matching,” in *Proceedings of the 26th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, New York, NY, USA: ACM, Nov. 2018, pp. 319–328. doi: 10.1145/3274895.3274919.
- [60] E. Berjisian and A. Bigazzi, “Evaluation of map-matching algorithms for smartphone-based active travel data,” *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 17, no. 1, pp. 227–242, Jan. 2023, doi: 10.1049/itr2.12250.
- [61] G. Rybarczyk and C. Wu, “Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis,” *Applied Geography*, vol. 30, no. 2, pp. 282–293, Apr. 2010, doi: 10.1016/j.apgeog.2009.08.005.
- [62] *Niskogradnja - Zbirka propisa sa kompletnim jugoslovenskim standardima*, vol. 1. Beograd: Građevinska knjiga, 1988.
- [63] I. Kosmidis and D. Müller-Eie, “The synergy of bicycles and public transport: a systematic literature review,” *Transp Rev*, vol. 44, no. 1, pp. 34–68, Jan. 2024, doi: 10.1080/01441647.2023.2222911.
- [64] J. Đerek, M. Sikora, L. Kraljević, and M. Russo, “Using neural networks for bicycle route planning,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 21, Nov. 2021, doi: 10.3390/app112110065.
- [65] J. Pucher and R. Buehler, “Integrating Bicycling and Public Transport in North America,” *J Public Trans*, vol. 12, no. 3, pp. 79–104, Sep. 2009, doi: 10.5038/2375-0901.12.3.5.
- [66] N. Mueller *et al.*, “Health impact assessment of cycling network expansions in European cities,” *Prev Med (Baltim)*, vol. 109, pp. 62–70, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.ypmed.2017.12.011.



- [67] K. Teschke *et al.*, “Route Infrastructure and the Risk of Injuries to Bicyclists: A Case-Crossover Study,” *Am J Public Health*, vol. 102, no. 12, pp. 2336–2343, Dec. 2012, doi: 10.2105/AJPH.2012.300762.
- [68] D. Kocić, M. Šešlija, P. Krstić, and N. Stojković, “Algorithm for defining bicycle infrastructures on existing city roads,” *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers*, vol. 77, no. 05, pp. 485–502, Jun. 2025, doi: 10.14256/JCE.4225.2024.
- [69] Y. Cai, G. P. Ong, and Q. Meng, “Sidewalk-based bicycle path network design incorporating equity in cycling time,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 39, no. 20, pp. 3063–3082, Oct. 2024, doi: 10.1111/mice.13240.
- [70] M. Bixhaku, G. Hoxha, and R. Duraku, “Analysis of Perceptions of Cycling Safety on Roads with Mixed Traffic Depending on Age, Gender, and Riding Experience,” *Civil Engineering Journal*, vol. 9, pp. 141–151, Oct. 2023, doi: 10.28991/cej-sp2023-09-011.



LISTA SLIKA:

Slika 2.1 Uske biciklističke trake na jednosmernim ulicama [9]	8
Slika 2.2 Potreba za renoviranjem biciklističkih površina [9]]	9
Slika 2.3 Objekti u gradskom jezgri ka kojima građani gravitiraju [10]	10
Slika 2.4 Položaj glavnih biciklističkih staza [10]	10
Slika 2.5 Prvo potencijalno rešenje Topsis metodom [11]	11
Slika 2.6 Drugo potencijalno rešenje Topsis metodom [11]	12
Slika 2.7 Biciklistička infrastruktura u Kopenhagenu [12]	13
Slika 2.8 Tipovi biciklističkih površina u Parizu [14]	14
Slika 2.9 Postojeća biciklistička infrastruktura (input algoritma) [15]	16
Slika 2.10 Algoritmom generisana biciklistička infrastruktura [15]	16
Slika 2.11 Predložena optimizacija biciklističke infrastrukture primenom bi-level matematičkog programiranja [16]	18
Slika 2.12 Optimizovano rešenje primenom [19]	20
Slika 2.13 Testirana mreža, 9 čvorova i 12 veza [21]	22
Slika 2.14 Predložena optimizovana biciklistička ruta primenom softverskog alata [22]	23
Slika 2.15 Minimalna cena koštanja izrade biciklističke infrastrukture kada su OD (origin- destination) parovi razmatrani zajedno [23]	24
Slika 2.16 Minimalna cena koštanja izrade biciklističke infrastrukture posebno za svaki OD (origin-destination) par [23]	24
Slika 2.17 Nova inovativna biciklistička infrastruktura, Avenija Pensilvanija [24]	25
Slika 2.18 Nova inovativna biciklistička infrastruktura [24]	26
Slika 2.19 Određivanje zaštitne zone između prepreke i bicikla [25]	27
Slika 2.20 Predmetna lokacija istraživanja, Thach Avenija [27]	28
Slika 2.21 Zaštićena biciklistička traka na segmentu puta [28]	30
Slika 2.22 Zaštićena biciklistička traka pored trake za parkiranje putničkih vozila [28]	30
Slika 2.23 Dijagram za određivanje položaja i tipa biciklističke infrastrukture u poprečnom profilu saobraćajnice [29]	32
Slika 3.1 Obim motornih vozila (1000 JVT/24 sata) [46]	44
Slika 3.2 Dijagram za odabir biciklističke površine [46]	46
Slika 3.3 Hadsonov dijagram kapaciteta [46]	47
Slika 3.4 Slobodni i saobraćajni profil biciklističke površine [46]	49
Slika 3.5 Grafički prikaz proširenja biciklističke površine [46]	55



Slika 3.6 Vrednost poprečnog nagiba u funkciji radijusa horizontalne krivine [46].....	56
Slika 4.1 Shematski prikaz organizacije algoritma	66
Slika 4.2 Druga faza algoritma	68
Slika 4.3 III faza - analiza magistralne saobraćajnica	70
Slika 4.4 III faza - analiza sabirne ulice	73
Slika 4.5 III faza - analiza pristupne ulice	76
Slika 4.6 IV faza - analiza geometrijskih elemenata situacionog plana i podužnog profila saobraćajnice.....	77
Slika 4.7 IV faza - analiza situacionog plana saobraćajnice.....	78
Slika 4.8 IV faza - analiza vertikalnih zaobljenja.....	80
Slika 4.9 IV faza - analiza podužnih nagiba nivelete	81
Slika 5.1 Položaj Baštenske ulice	84
Slika 5.2 Položaj ulice Jablaničkog odreda	88
Slika 5.3 Položaj ulice Lazara Trifunovića	91
Slika 5.4 Položaj ulice Maksima Gorkog	95
Slika 5.5 Položaja trake za parkiranje, sa parkiranim vozilima ulice Maksima Gorkog.....	96
Slika 5.6 Položaj ulice Kapetana Srboljuba Bihića	97
Slika 5.7 Položaj ulice Save Kovačevića.....	101
Slika 5.8 Položaj ulice Vojvode Vuka.....	105
Slika 5.9 Položaj trake za parkiranje u ulici Vojvode Vuka.....	107
Slika 5.10 Položaja Fruškogorske ulice.....	107
Slika 5.11 položaja ulice 9. brigade.....	111
Slika 5.12 položaja ulice Sestre Baković.....	115
Slika 5.13 Položaja Čurlinske ulice.....	119
Slika 5.14 Položaj Limske ulice	123
Slika 5.15 Položaj ulice Nevena	125
Slika 5.16 Položaj ulice Franca Vintera [68].....	129
Slika 5.17 Položaja ulice Dušana Trivunca	133
Slika 5.18 Položaj Jug Bogdanove ulice	137
Slika 5.19 Položaj Geteove ulice.....	141
Slika 5.20 Položaja ulice Bete Vukanovića [68]	146
Slika 5.21 Položaja Hajduk Veljkove ulice	150
Slika 5.22 Položaj Dušanove ulice	154



Slika 5.23 Položaj bulevara Heroja sa Košara [68]	158
---	-----

LISTA TABELA:

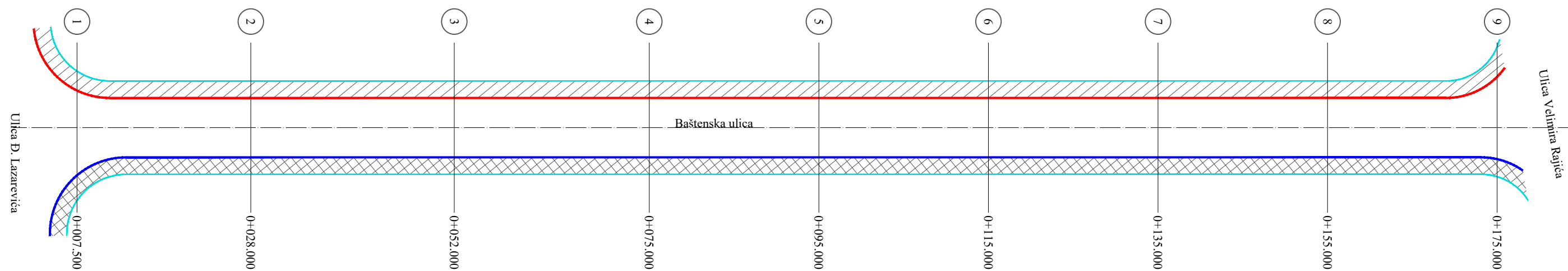
Tabela 3.1 Širina biciklističkih staza [36].....	36
Tabela 3.2 Minimalni poluprečnik kružnih lukova biciklističkih površina obzirom na brzinu bicikala [36].	37
Tabela 3.3 Maksimalne dužine uspona u zavisnosti od uzdužnih nagiba, za prosečnog biciklistu [36] 38	
Tabela 3.4 Vertikalna zaobljenja za biciklističke puteve [36]	38
Tabela 3.5 Zaustavna preglednost za bezbedno zaustavljanje bicikliste pred preprekom [36] 39	
Table 3.6 Potreban broj mesta za parkiranje za različite delatnosti [36]	41
Tabela 3.7 Kapacitet površina u odnosu na broj traka i smer saobraćaja [38]	47
Tabela 3.8 Širine biciklističkih staza u urbanom području [38]	53
Tabela 3.9 Vrednosti radijusa horizontalne krivine u odnosu na brzinu kretanja bicikliste [38] 54	
Tabela 3.10 Proširenje u horizontalnim krivinama usled male brzine kretanja bicikliste [38]54	
Tabela 3.11 Preporučena i maksimalna dužina deonice u odnosu na podužni nagib [38]	57
Tabela 3.12 Visinska razlika koju biciklista savlada u zavisnosti od podužnog nagiba [38]..	57
Tabela 3.13 Dužina preglednosti u funkciji brzine kretanja [38]	58
Tabela 3.14 Daljina preglednosti u zavisnosti od brzine kretanja [38].....	58
Tabela 3.15 Broj parking mesta u zavisnosti od ciljne destinacije bicikliste [38].....	62
Table 4 Podela saobraćajnog opterećenja prema standardu SRPS U.C4.010 [54]	69
Tabela 5.1 Izveštaj analize Baštenske ulice	86
Tabela 5.2 Izveštaj analize ulice Jablaničkog odreda	90
Tabela 5.3 Izveštaj analize ulice Lazara Trifunovića	93
Tabela 5.4 Izveštaj analize ulice Kapetana Srboljuva Bihića	99
Tabela 5.5 Izveštaj analize ulice Save Kovačevića	103
Tabela 5.6 Izveštaj analize Fruškogorske ulice	109
Tabela 5.7 Izveštaj analize ulice 9. brigade	114
Tabela 5.8 Izveštaj analize ulice Sestre Baković	117
Tabela 5.9 Izveštaj analize Čurlinske ulice.....	121
Tabela 5.10 Izveštaj analize ulice Nevena	127
Tabela 5.11 Izveštaj analize ulice Franca Vintera [59].....	131



Tabela 5.12 Izveštaj analize ulice Dušana Trivunca.....	135
Tabela 5.13 Izveštaj analize Jug Bogdanove ulice	140
Tabela 5.14 Izveštaj analize ulice Franca Vintera	144
Tabela 5.15 Izveštaj analize ulice Bete Vukanovića [59].....	148
Tabela 5.16 Izveštaj analize Hajduk Veljkove ulice.....	152
Tabela 5.17 Izveštaj analize ulice Cara Dušana.....	156
Tabela 5.18 Izveštaj analize bulevara Heroja sa Košara [59].....	160



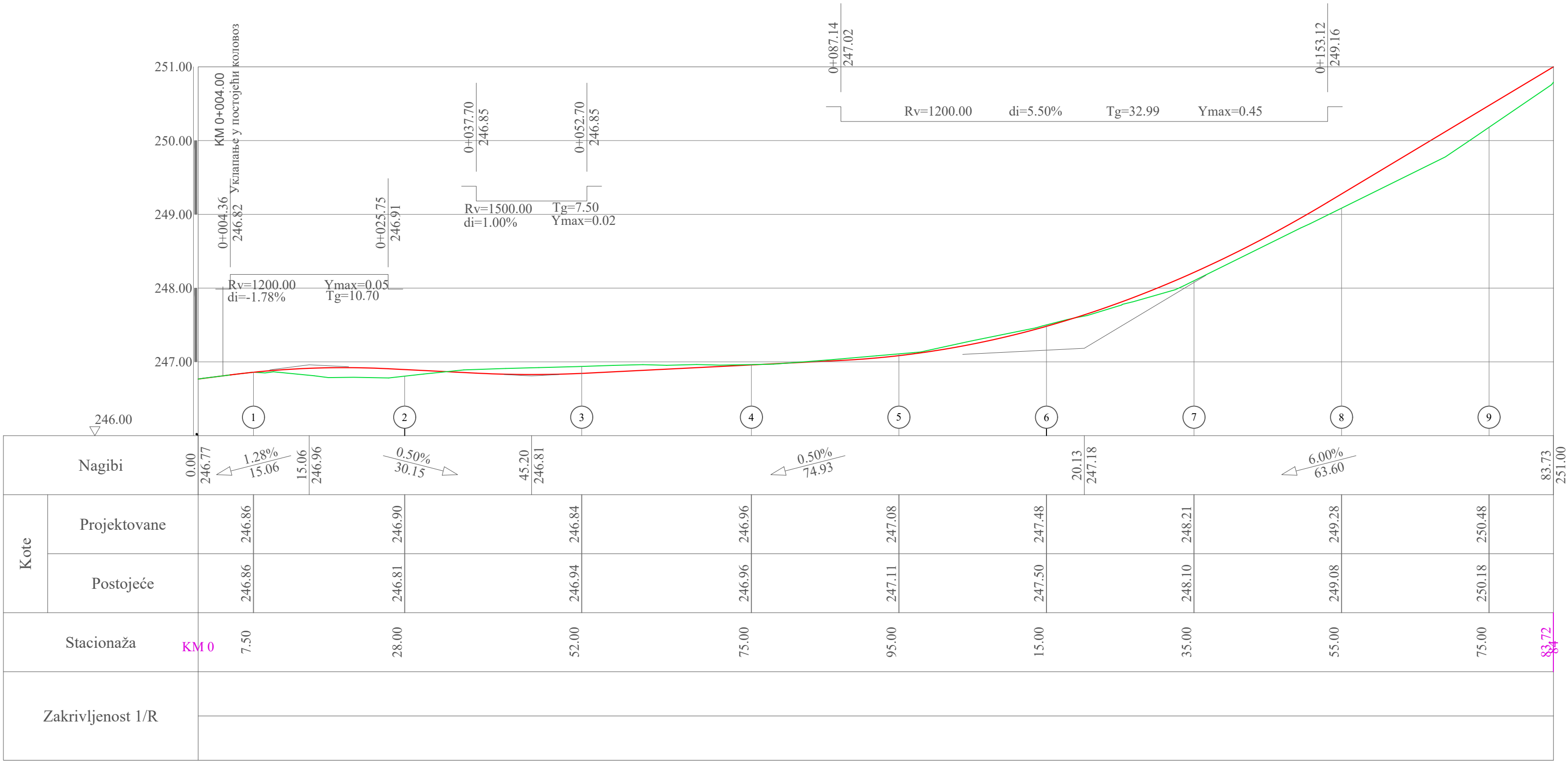
8. PRILOZI



Legenda:

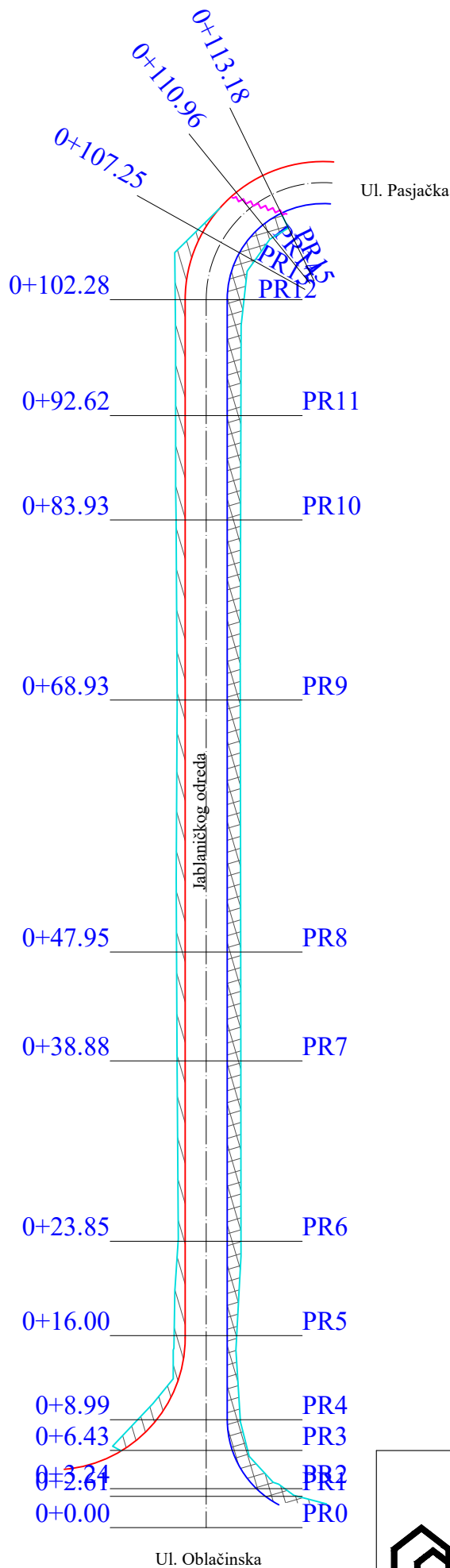
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Baštenska
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	1



Kote		Stacionaža		Zakrivljenost 1/R	
Projektivane	Postojeće	Nagibi			
246.86	246.86	0.00	246.77	7.50	15.06
246.86	246.81	1.28%	15.06	28.00	30.15
246.86	246.81	0.50%	30.15	52.00	74.93
246.86	246.81	0.50%	74.93	95.00	63.60
246.86	246.81	0.50%	63.60	15.00	83.72
246.86	246.81	0.50%	83.72	35.00	
246.86	246.81	0.50%		55.00	
246.86	246.81	0.50%		75.00	
246.86	246.81	0.50%			

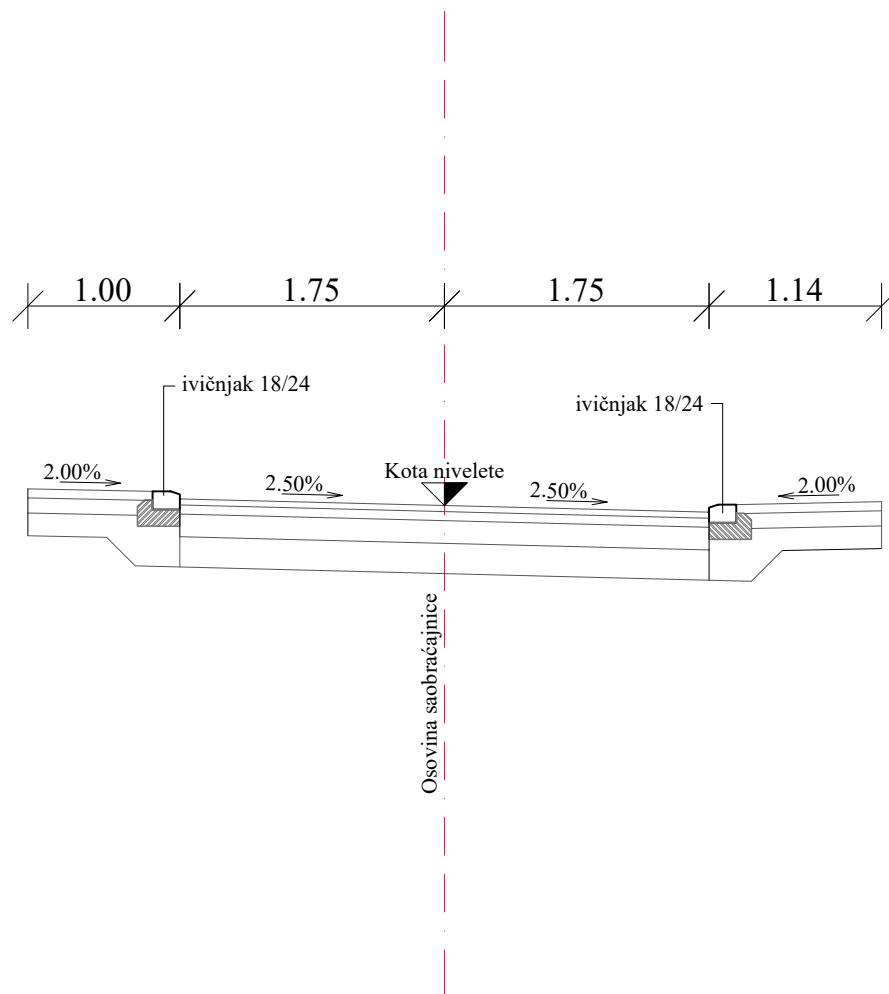
Grafički prilozi	
Naziv ulice:	Baštenska
Crtež:	Uzdužni profil
Razmera:	R=1:500
Kandidat:	Dušan Kocić
Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:	3



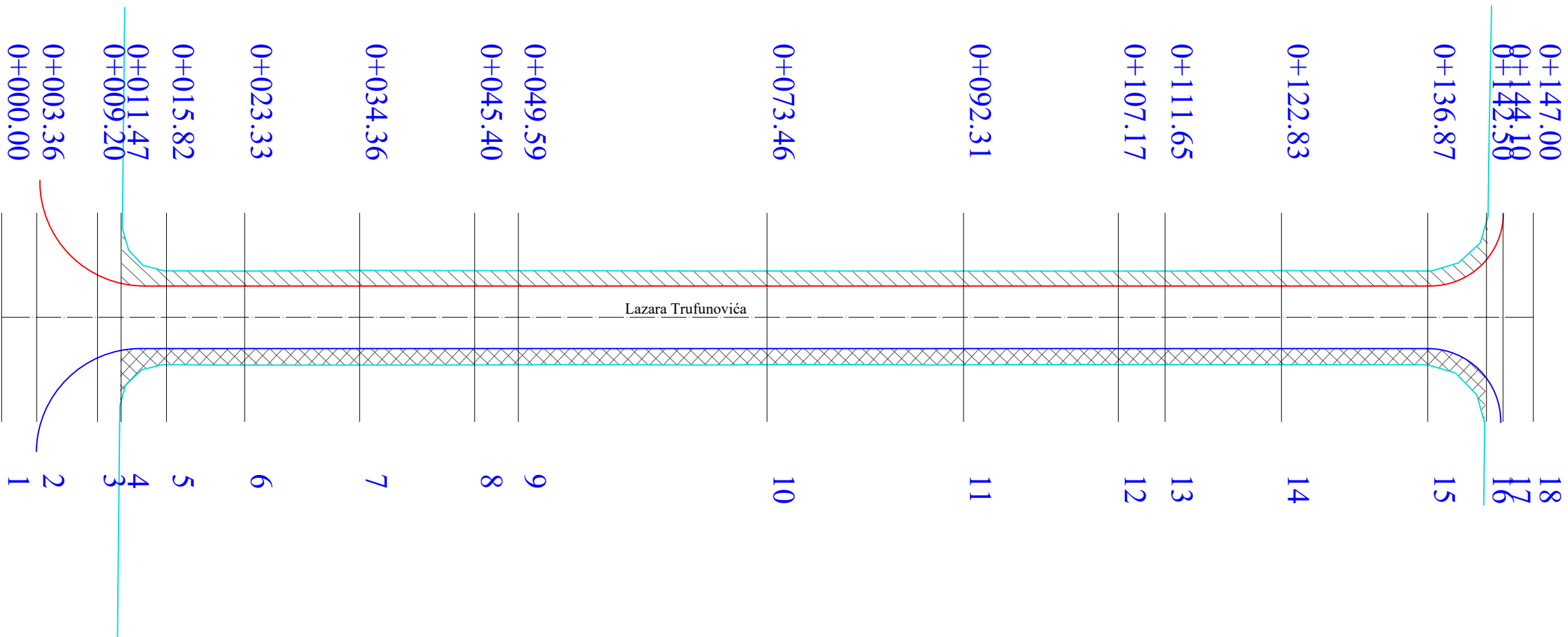
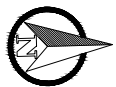
Legenda:

- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- ▨ Desna pešačka staza
- ▨ Leva pešačka staza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Jablaničkog odreda
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	4



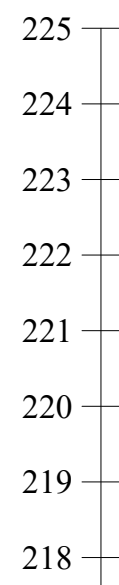
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Jablaničkog odreda
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	6



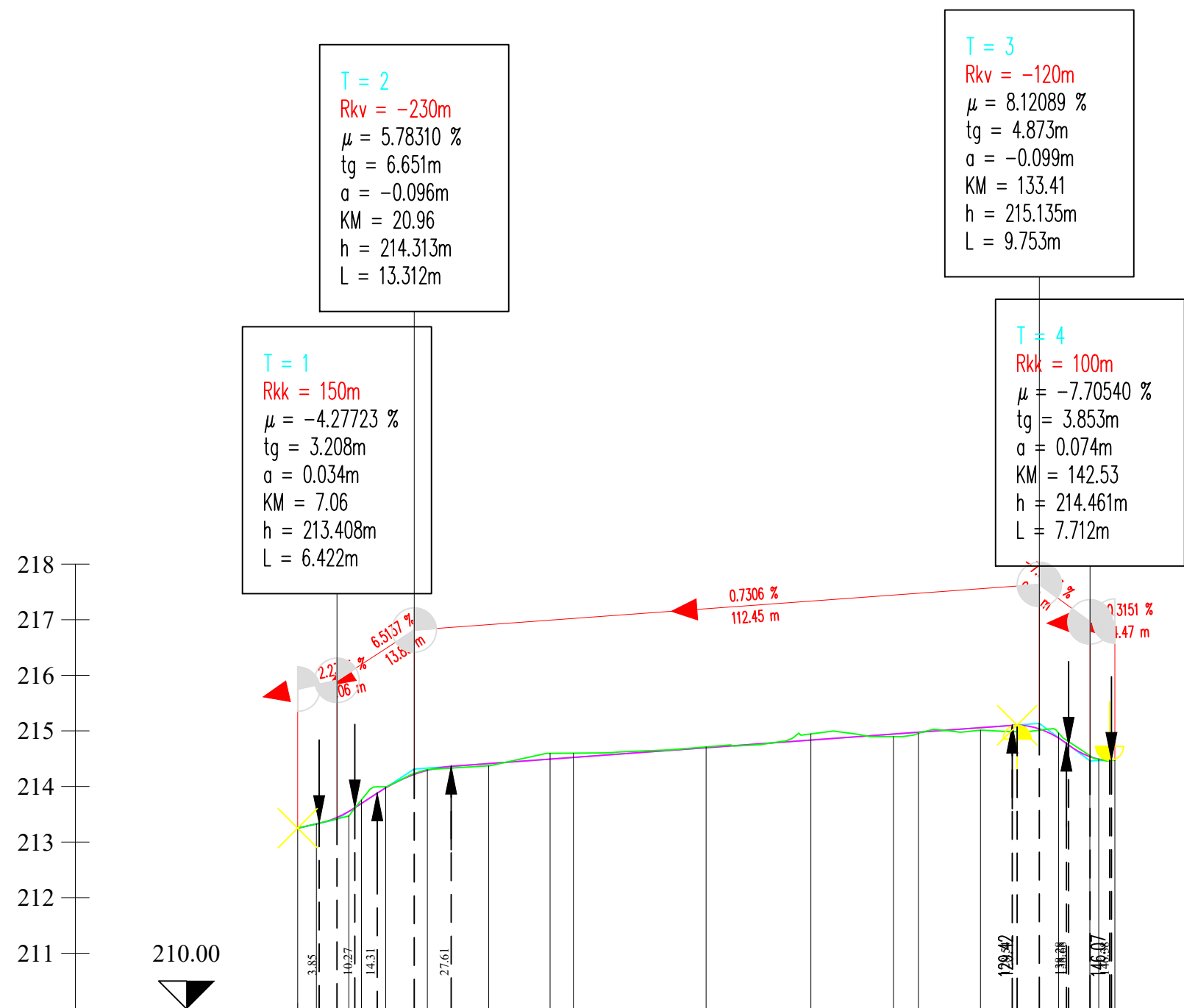
Legenda:

- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulatorna linija
- ▨ Desna pešačka staza
- ▨ Leva pešačka staza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Lazara Trifunovića
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	7

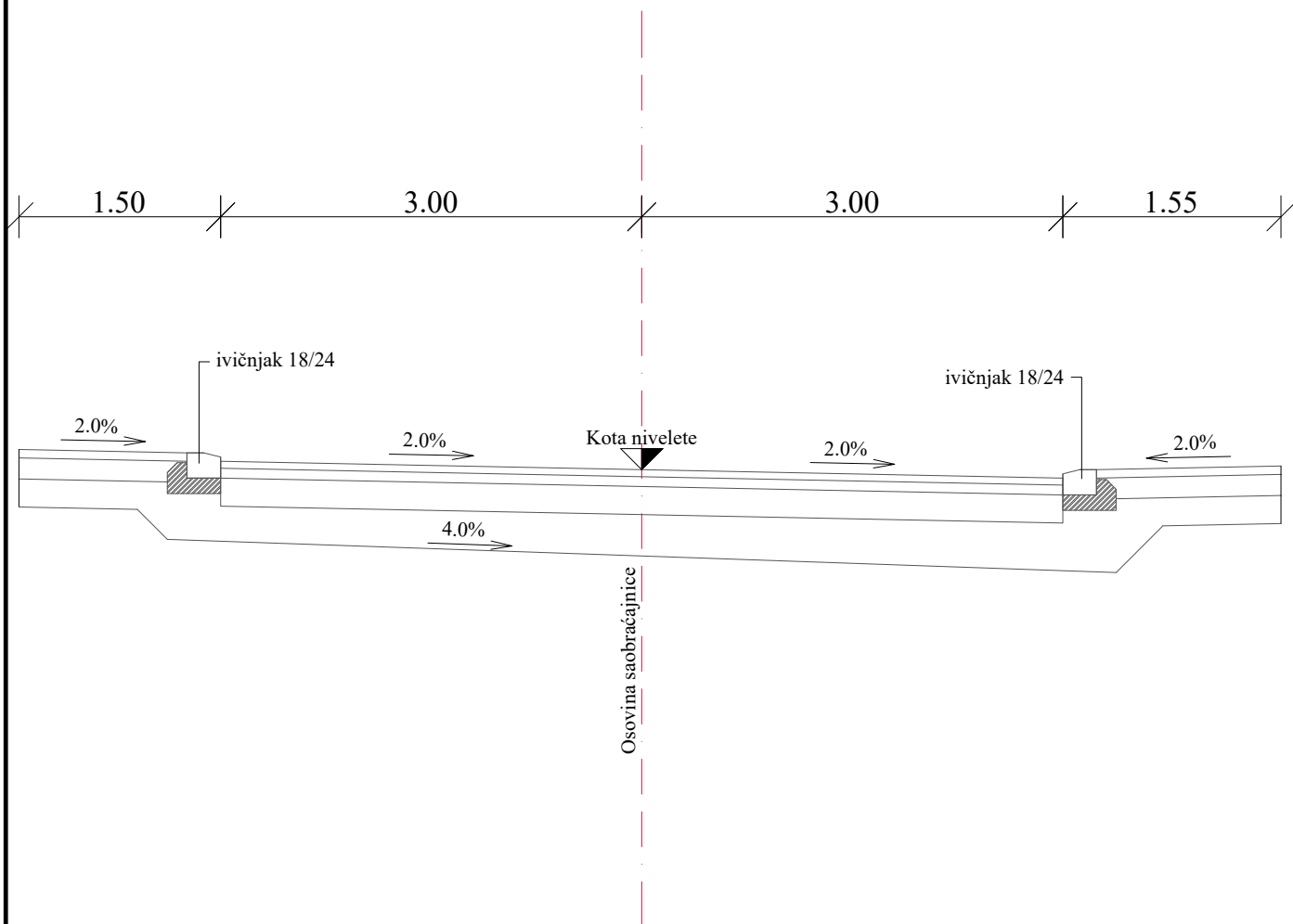
[illegible]

	Grafički priloz	
	Naziv ulice:	Jablaničkog odreda
	Crtež:	Uzdružni profil
	Razmera:	$R=1:\frac{100}{1000}$
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	5

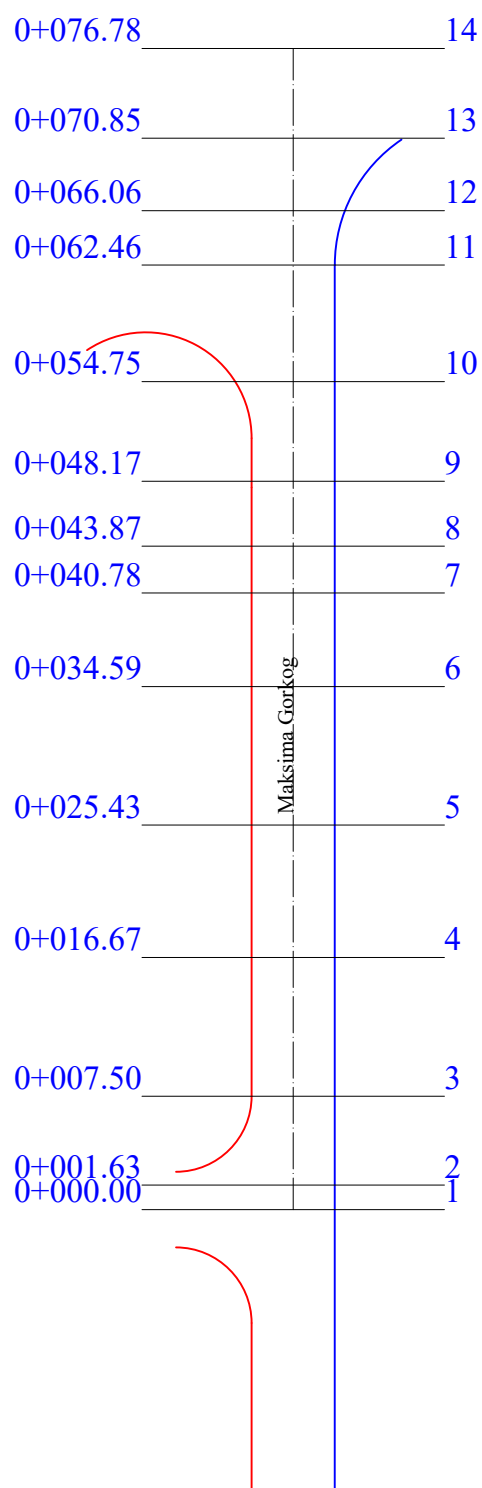


OZNAKE PROFILA	123456789101112131415161718
STACIONAŽA	-0.003.369.2011.4715.8223.3234.3545.4049.5973.4692.310.17.1611.6522.8236.8642.4944.0946.99
KOTE TERENA	213.250213.329213.471213.759213.993214.304214.372214.596214.599214.711214.945214.897214.955215.013214.963214.558214.488214.475
KOTE NIVELETE	213.250213.325213.551213.685213.974214.291214.411214.492214.522214.697214.835214.943214.976215.058214.871214.536214.492214.475
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=147.00
UZDUŽNI NAGIB	2.2365% 6.5137% 0.7306% 0.3151% 0.903% 1.00% 7.06 m 13.89 m 112.45 m 9.12 m 4.47 m -1.00%

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Lazara Trifunovića
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1: ¹⁰⁰ / ₁₀₀₀
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	8



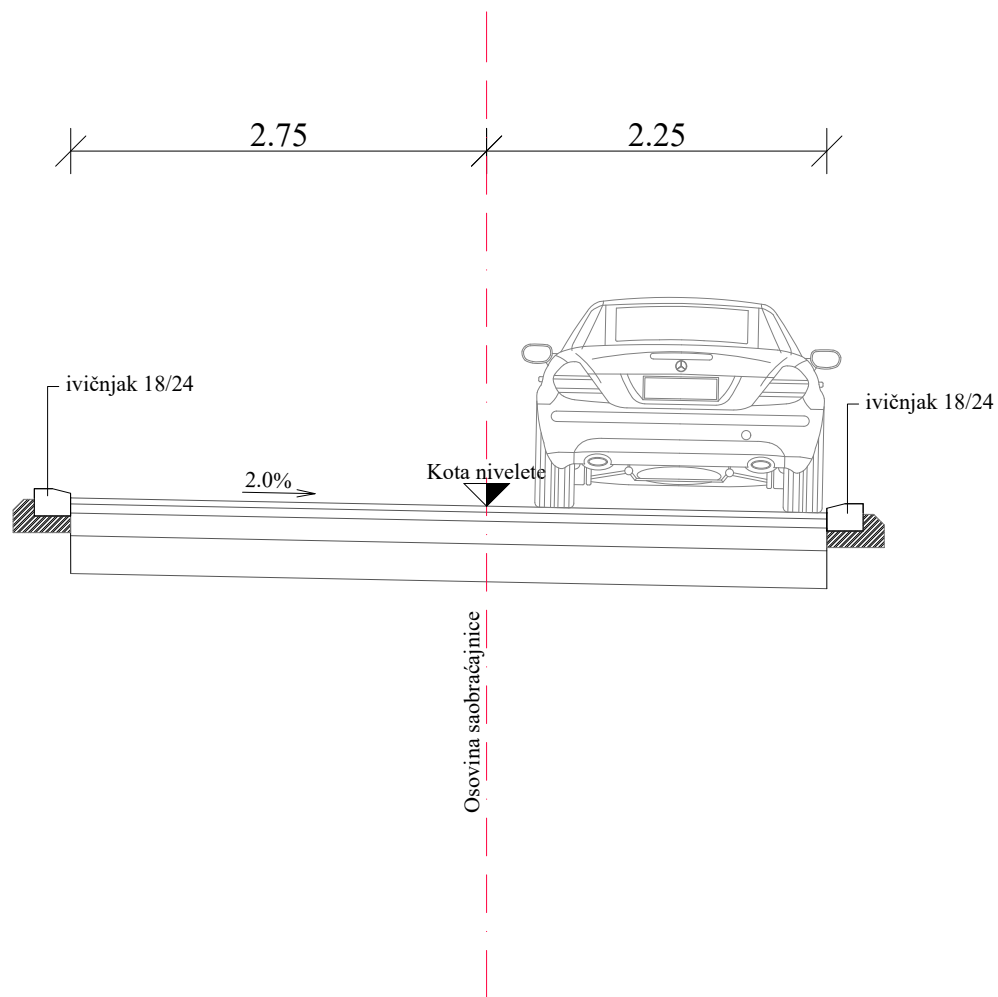
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Lazara Trifunovića
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	9



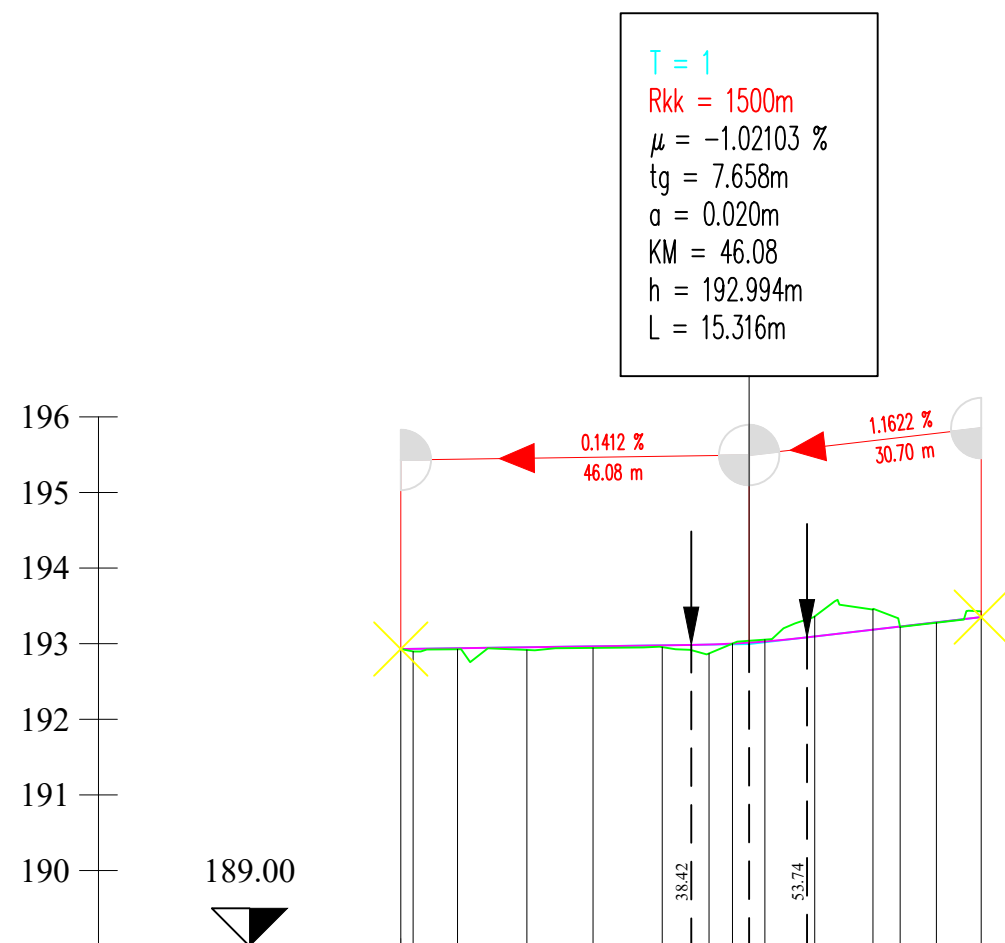
Legenda:

- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Maksima Gorkog
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	10

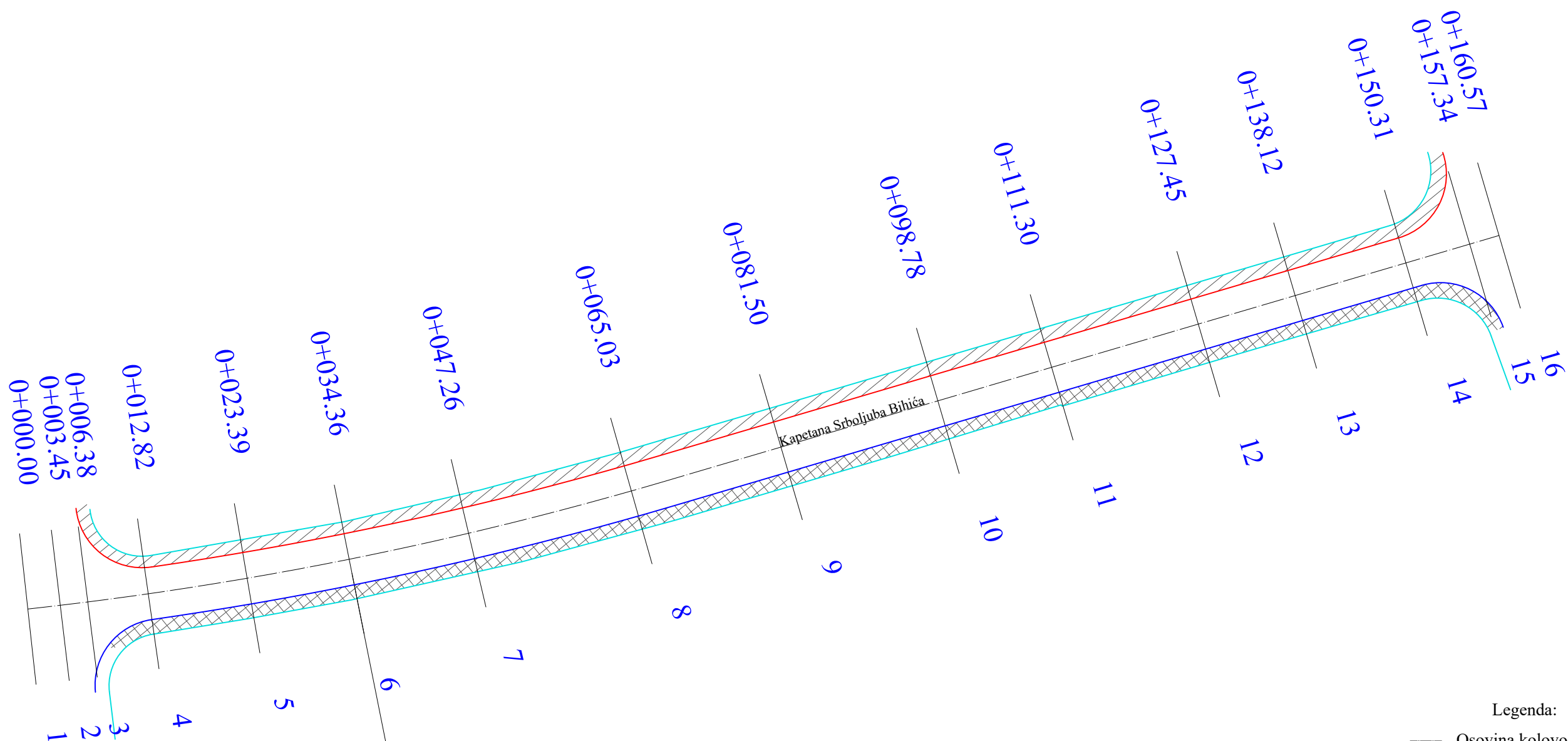


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Maksima Gorkog
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	11



OZNAKE PROFILA	1234567891011121314
STACIONAŽA	-0.001.627.5016.6725.4234.5840.7743.8748.1654.7562.4666.0570.8576.78
KOTE TERENA	192.929192.897192.927192.917192.944192.955192.871193.001193.053193.362193.456193.222193.278193.428
KOTE NIVELETE	192.929192.932192.940192.953192.965192.978192.989193.001193.029193.095193.185193.227193.282193.351
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=76.78
UZDUŽNI NAGIB	0.1412 % 46.08 m 1.1622 % 30.70 m

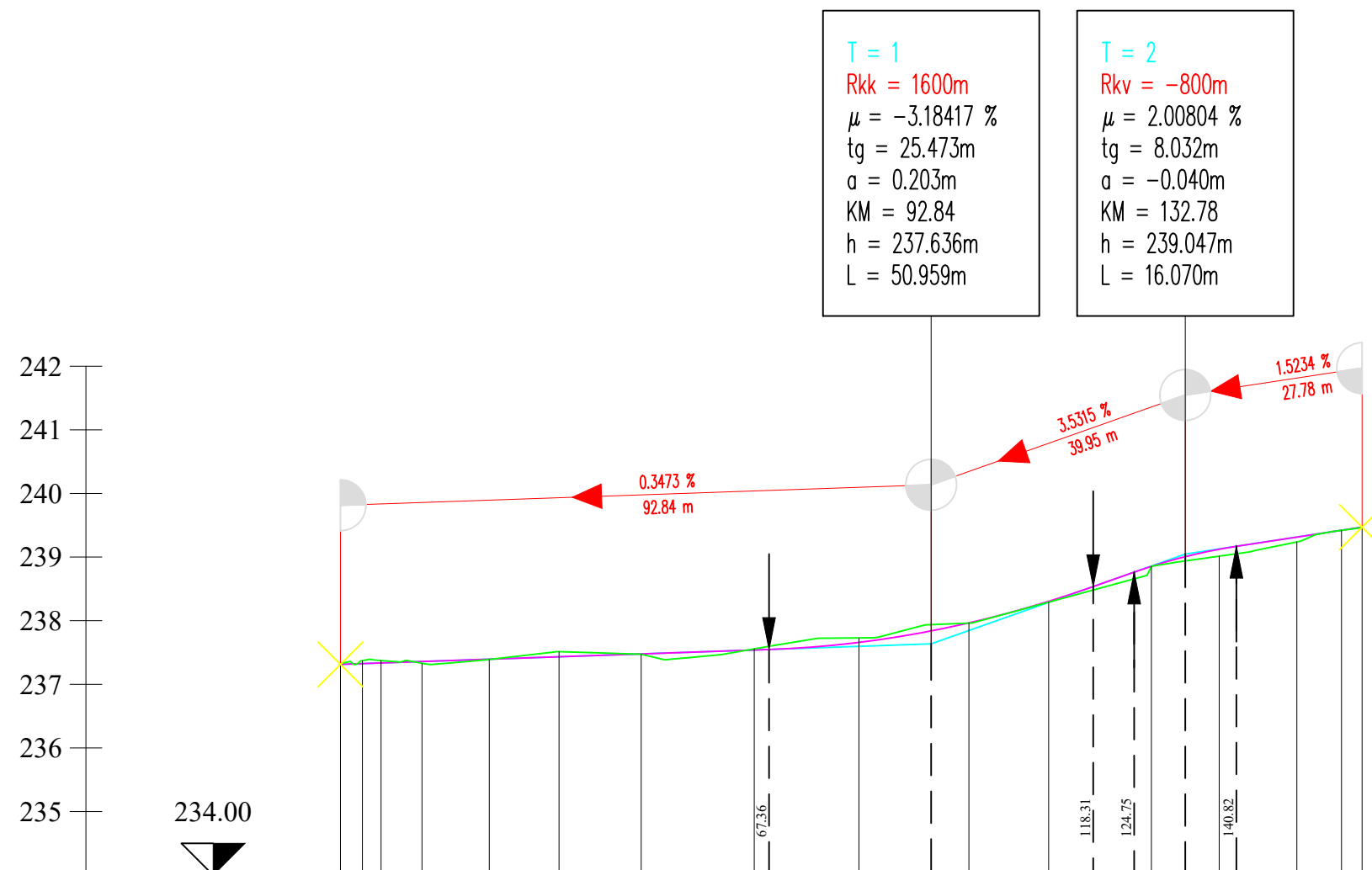
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Maksima Gorkog
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1: ¹⁰⁰ / ₁₀₀₀
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	12



Legenda:

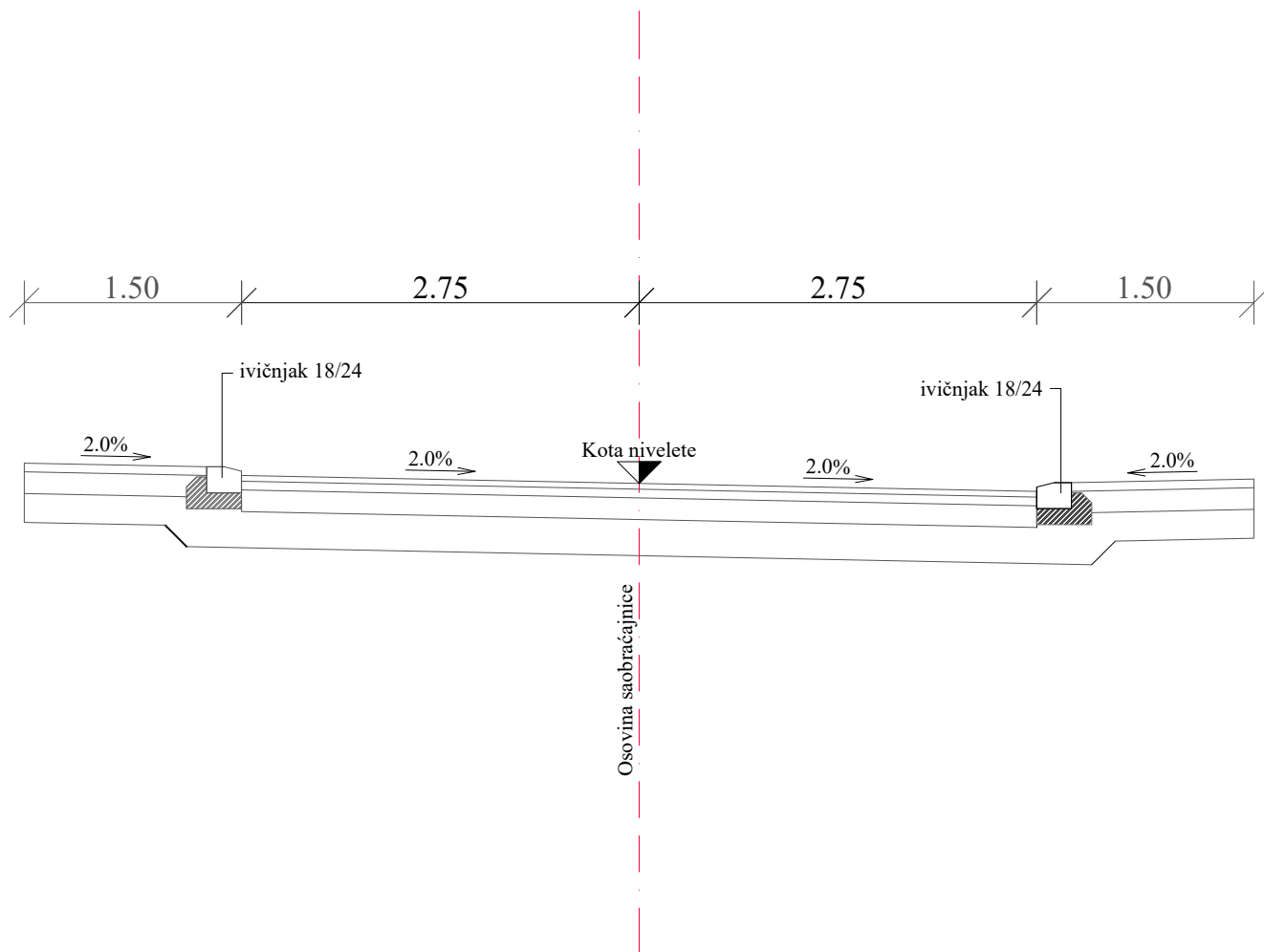
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Kapetana Srboľjuba Bihića
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	13

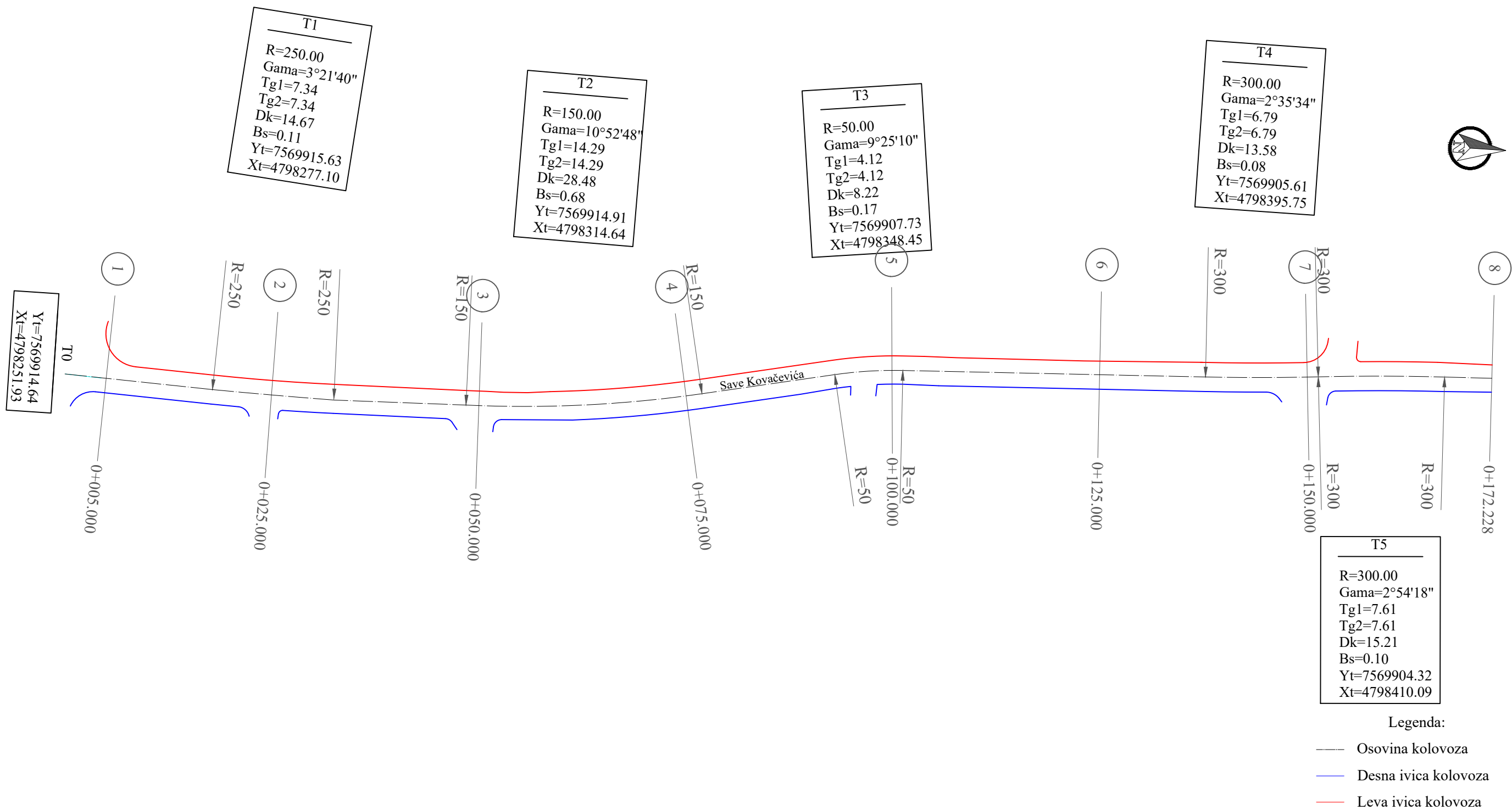


OZNAKE PROFILA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
STACIONAŽA	-0.00	3.45	6.37	12.82	23.39	34.35	47.26	65.03	81.49	98.77	11.30	27.45	38.11	50.31	57.33	60.56
KOTE TERENA	237.314	237.327	237.372	237.374	237.330	237.391	237.513	237.473	237.557	237.730	237.962	238.291	238.852	239.014	239.237	239.420
KOTE NIVELETE	237.314	237.326	237.336	237.358	237.395	237.433	237.478	237.540	237.659	237.965	238.304	238.854	239.124	239.314	239.421	239.470
PRAVCI I KRIVINE	Desno - Krivina Levo - Krivina Pravac d=91.86 R=-387.75 lk=68.71															
UZDUŽNI NAGIB	0.3473 % 92.84 m 3.5315 % 39.95 m 1.5234 % 27.78 m															

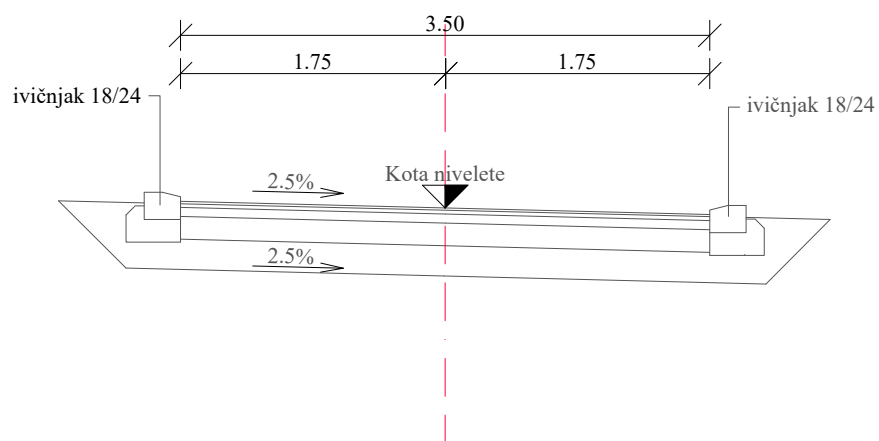
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Kapetana Srboljuba Bihića
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	14



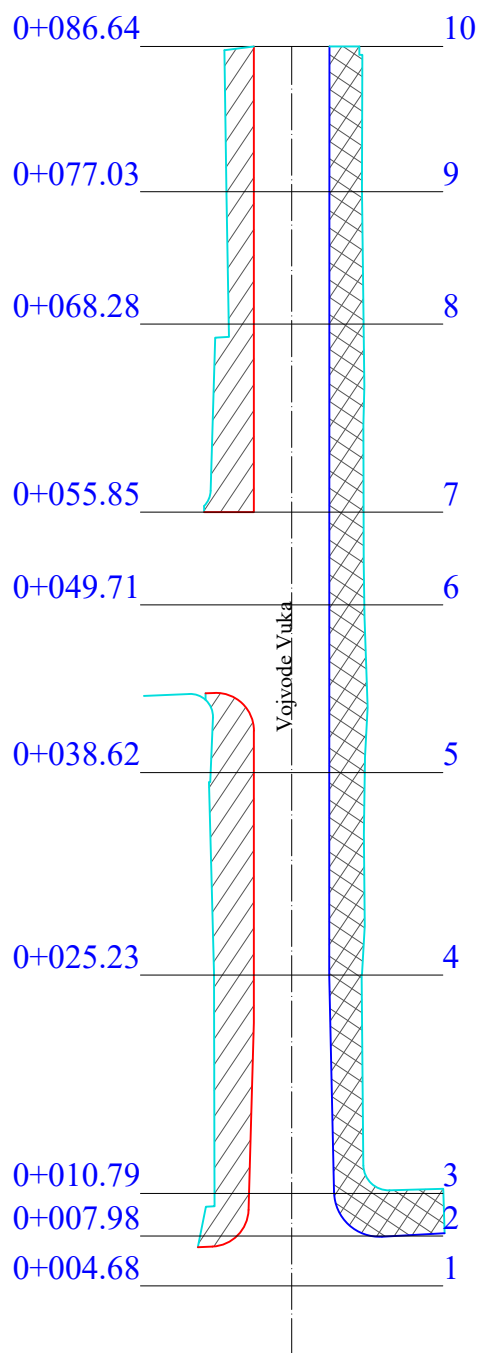
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Kapetana Srboljuba Bihića
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	15



	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Save Kovačevića
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	16



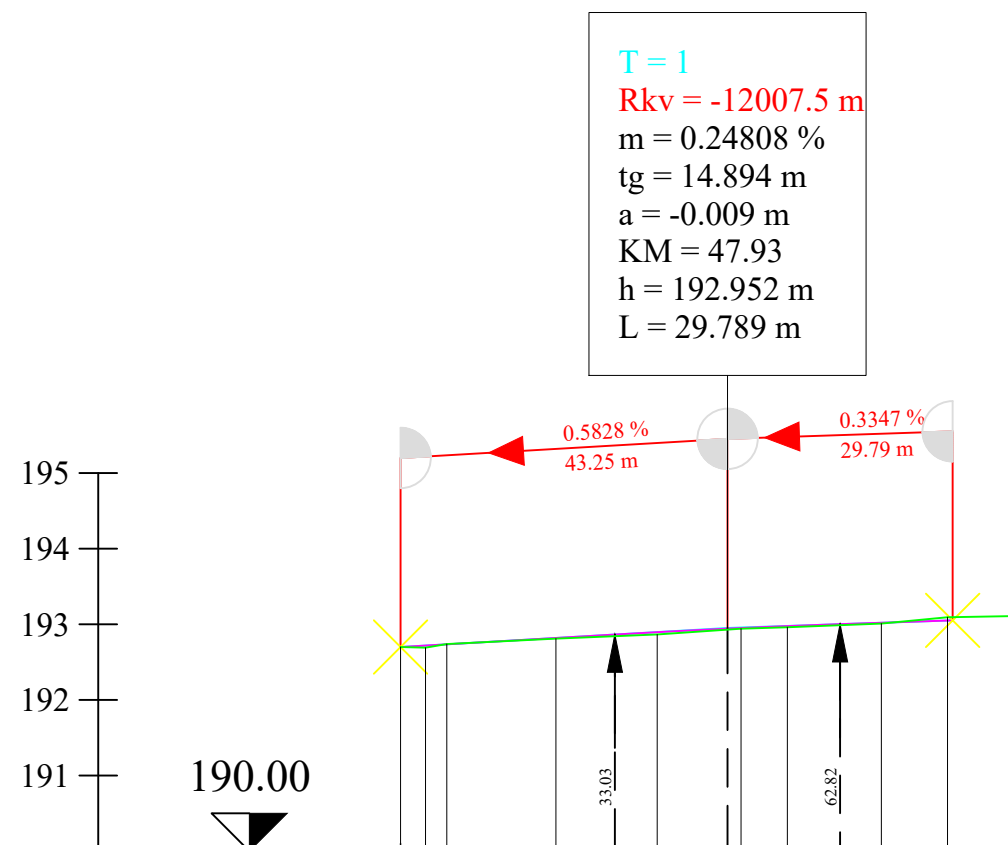
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Save Kovačevića
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	18



Legenda:

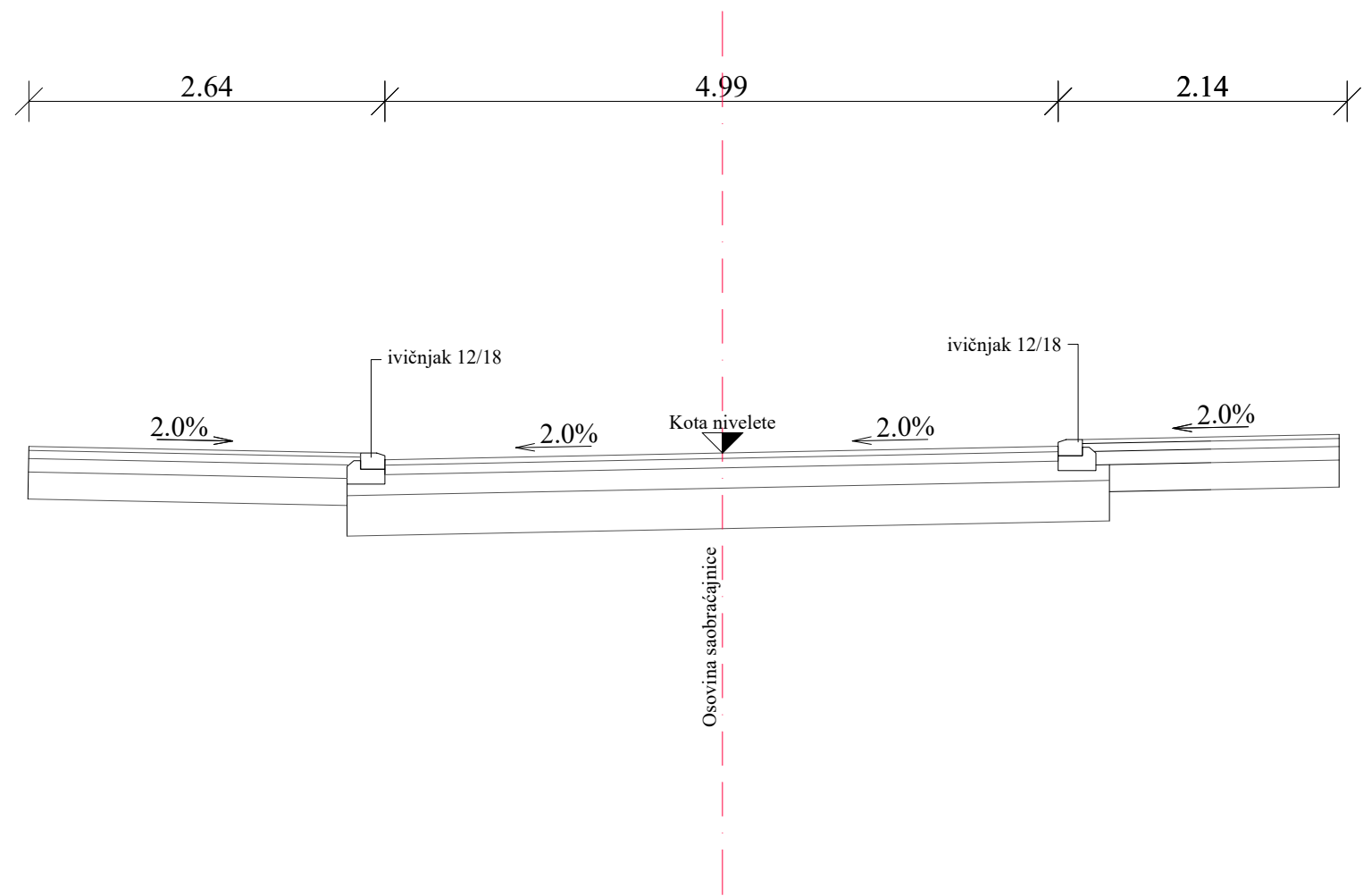
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Vojvode Vuka
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	19

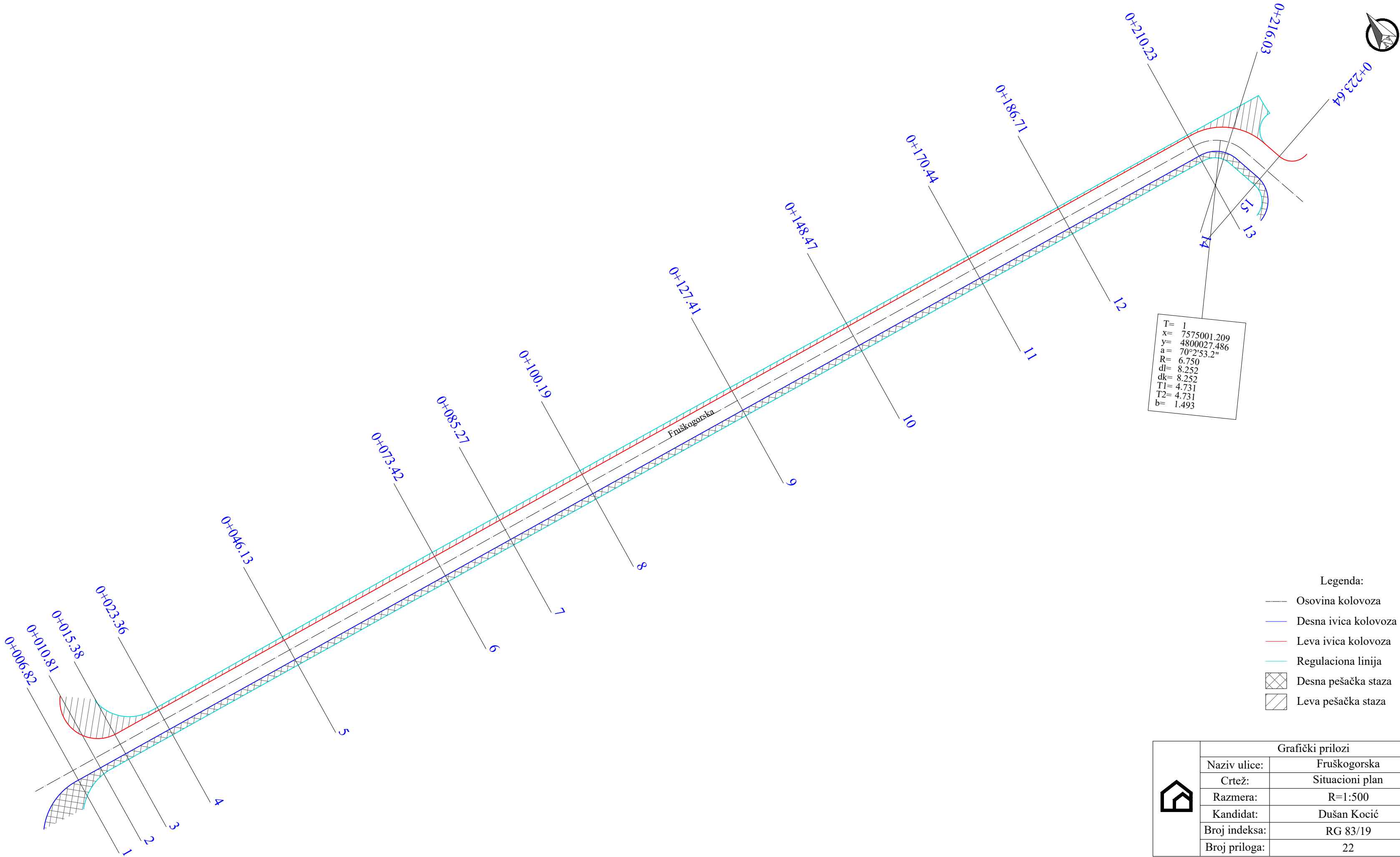


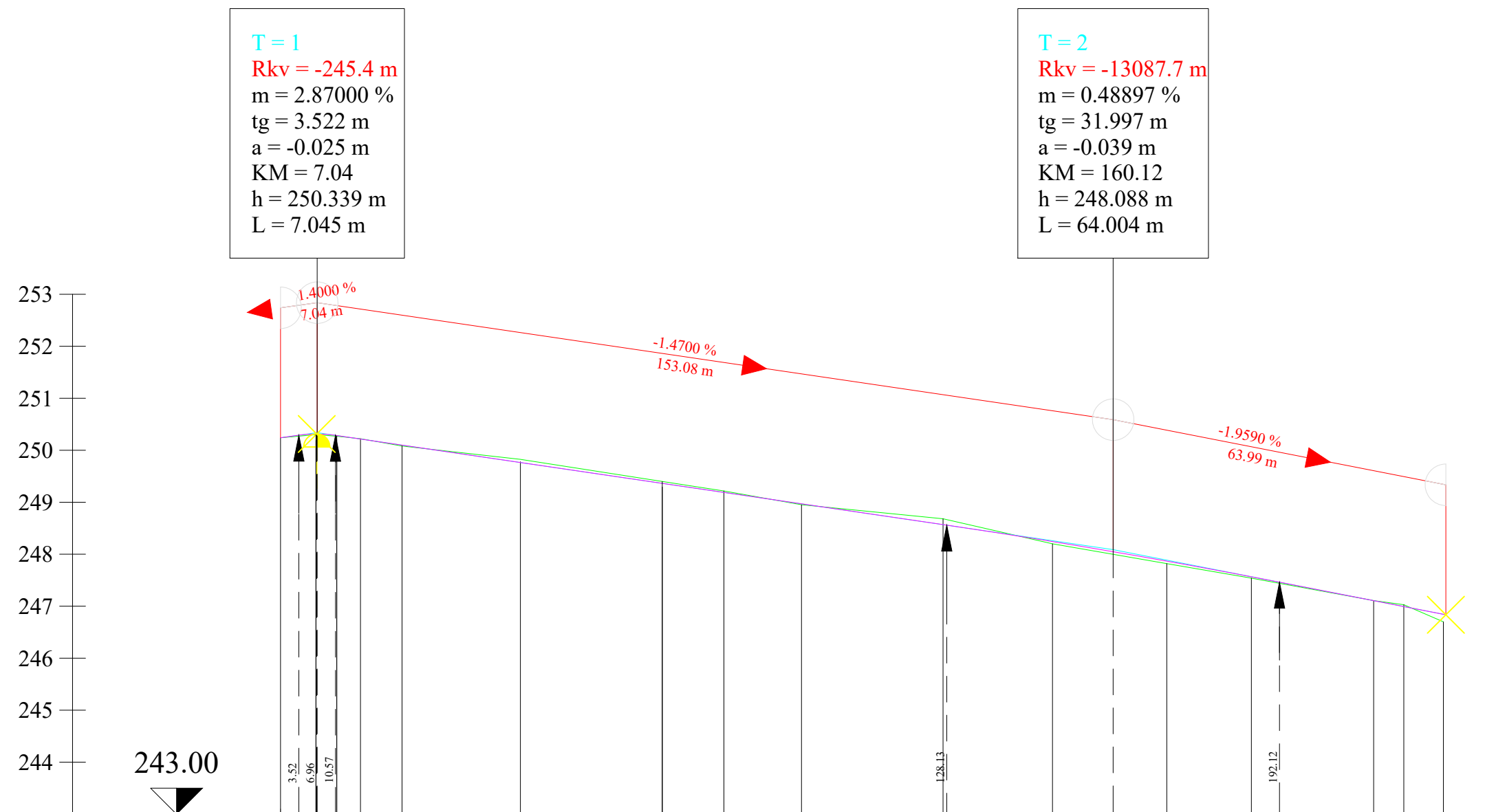
OZNAKE PROFILA	12345678910
STACIONAŽA	4.677.9710.7925.2338.6249.7155.8468.2877.0386.63
KOTE TERENA	192.700192.691192.738192.810192.865192.941192.961193.010193.094193.111
KOTE NIVELETE	192.700192.719192.735192.820192.896192.951192.976193.020193.049193.052
PRAVCI I KRIVINE	Desno - Krivina Pravac d=101.28
UZDUŽNI NAGIBI	0.5828 %43.25 m 0.3347 %29.79 m

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Vojvode Vuka
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1: ¹⁰⁰ / ₁₀₀₀
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	20



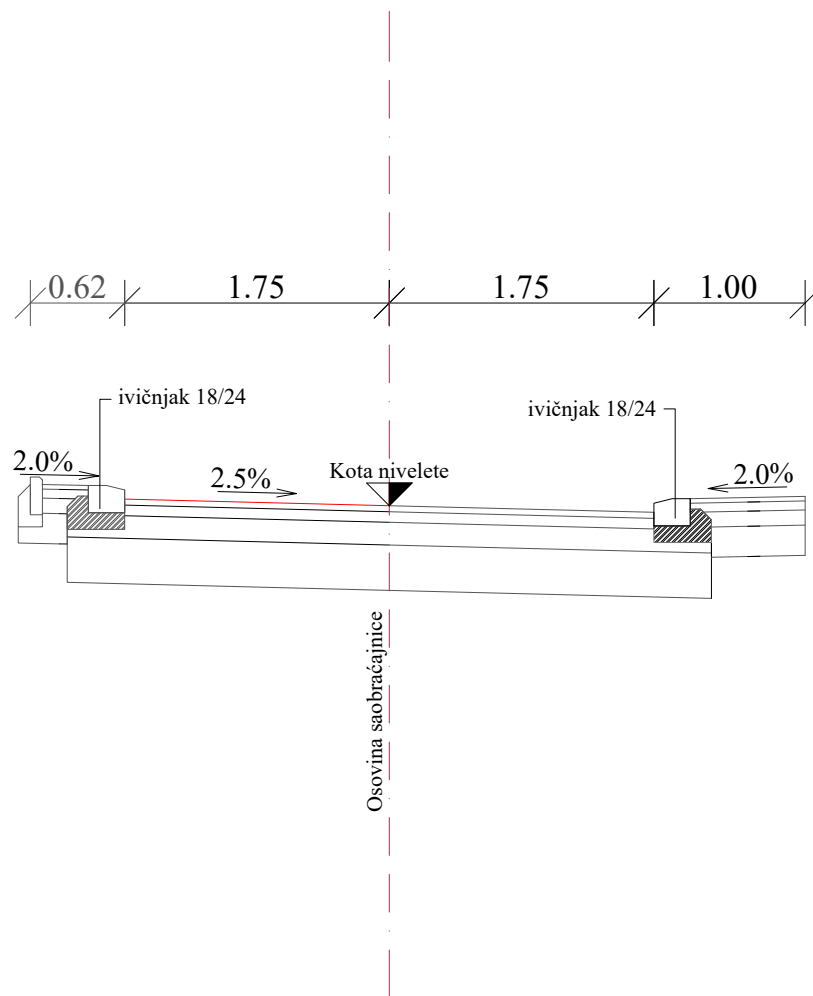
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Vojvode Vuka
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	21



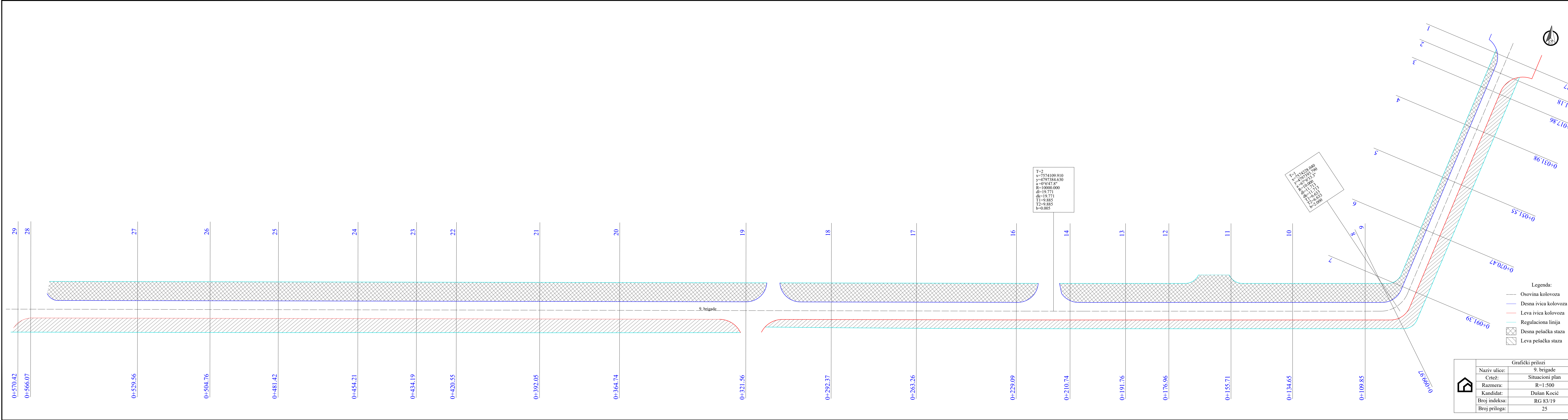


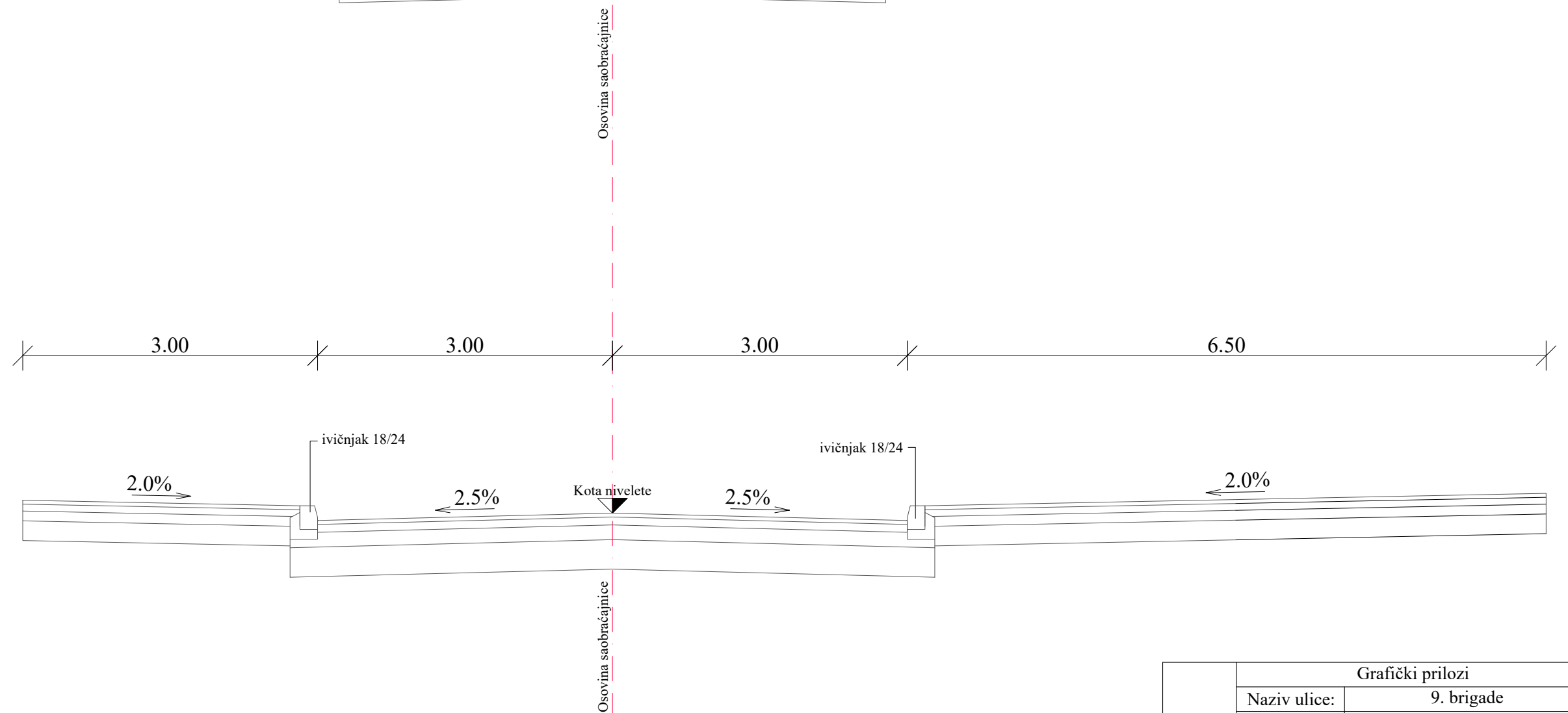
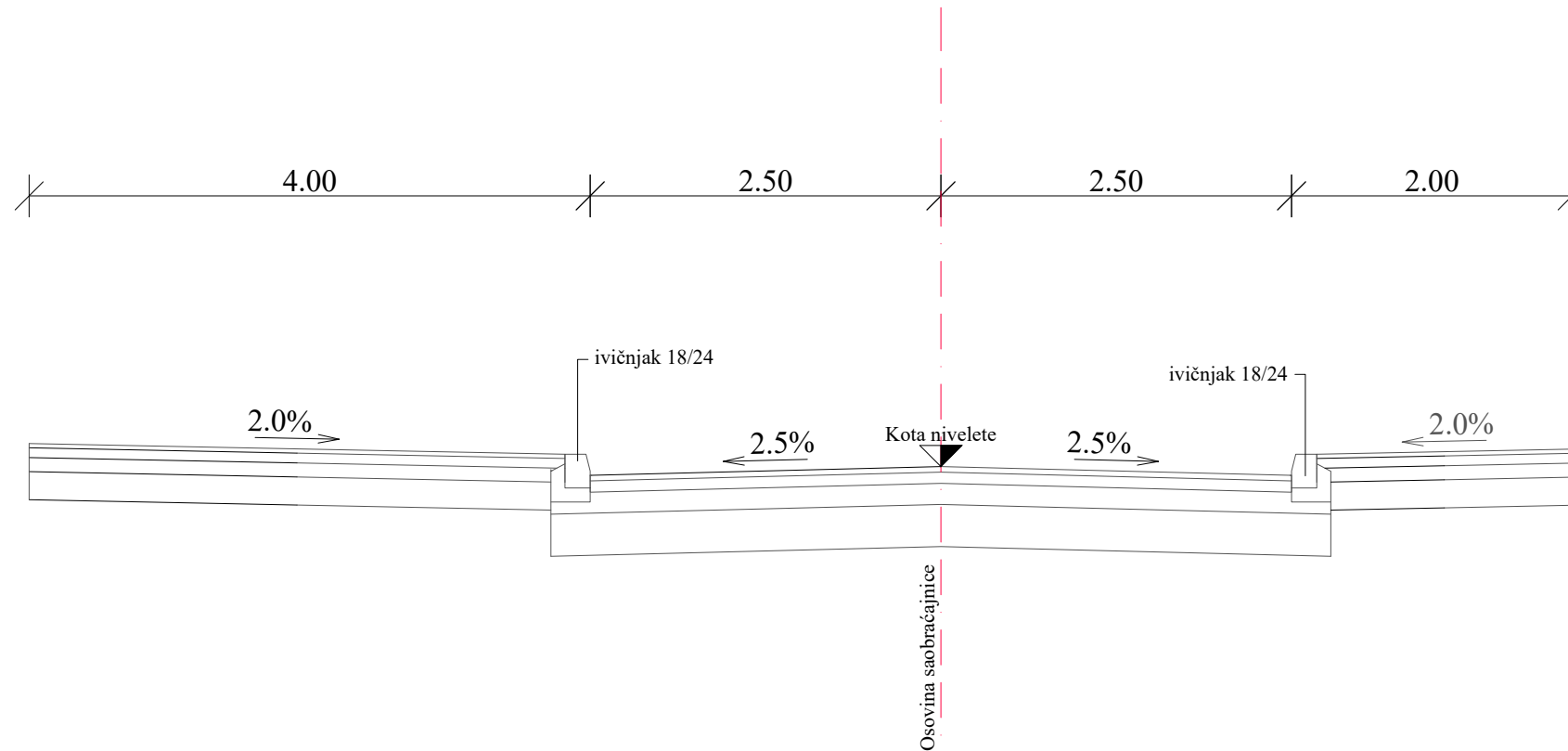
OZNAKE PROFILA	0123456789101112131415																
STACIONAŽA	0.006.8110.8115.3723.3646.1373.4185.270.1927.4148.4670.4486.710.210.2316.0223.64																
KOTE TERENA	250.24250.30250.27250.222250.081249.825249.40249.216248.951248.682248.200247.82247.540247.108247.029246.699																
KOTE NIVELETE	250.240250.35250.283250.216250.099249.764249.363249.189248.969248.569248.244247.868247.566247.107246.993246.844246.835																
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=210.53 Pravac d=12.37 R=+6.75 lk=8.25																
UZDUŽNI NAGIB	1.4000 % 7.04 m -1.4700 % 153.08 m -1.9590 % 63.99 m																

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Fruškogorska
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		23

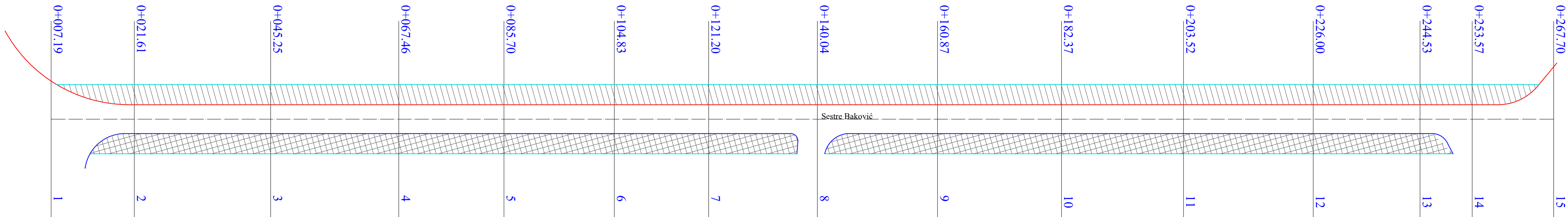


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Fruškogorska
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	24



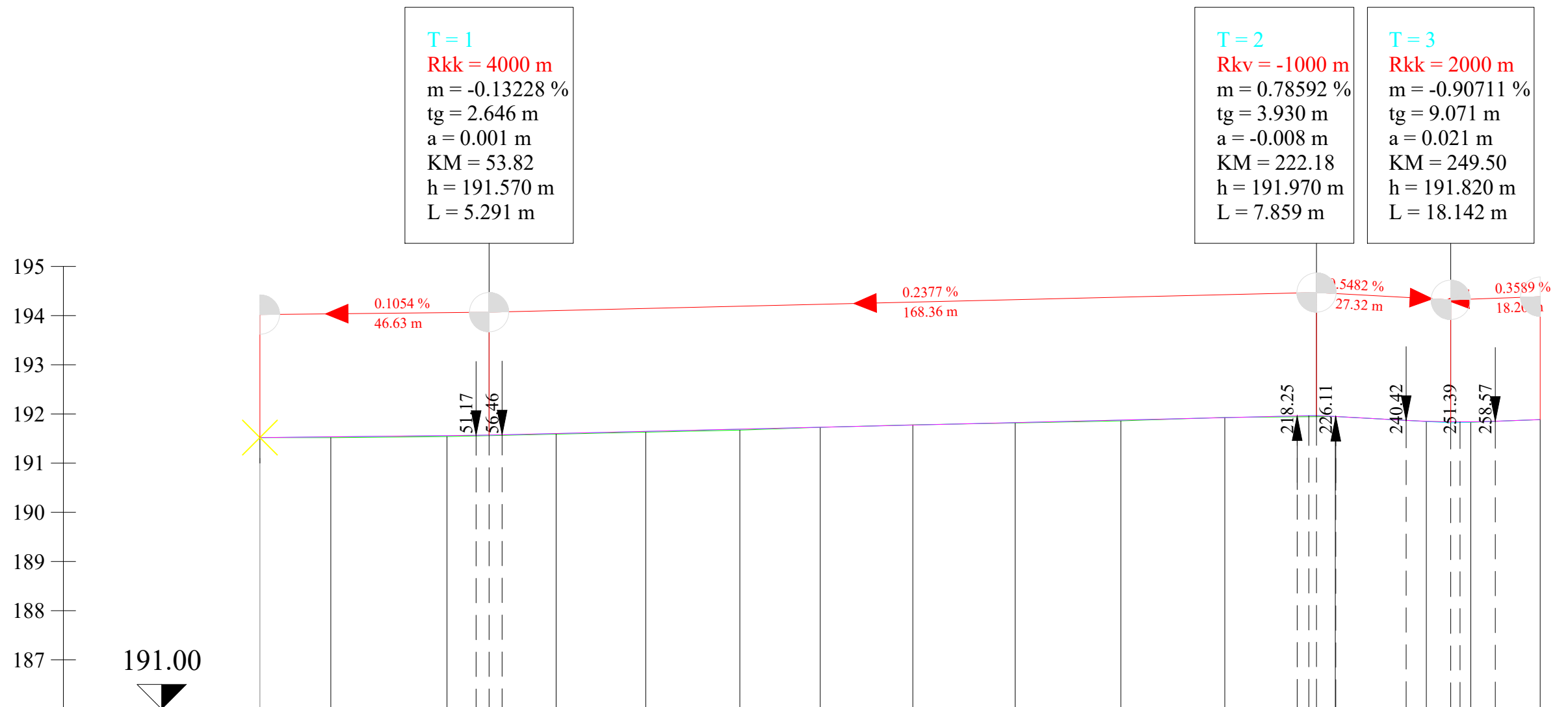


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	9. brigade
	Crtež:	Karakteristični poprečni profili
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		27



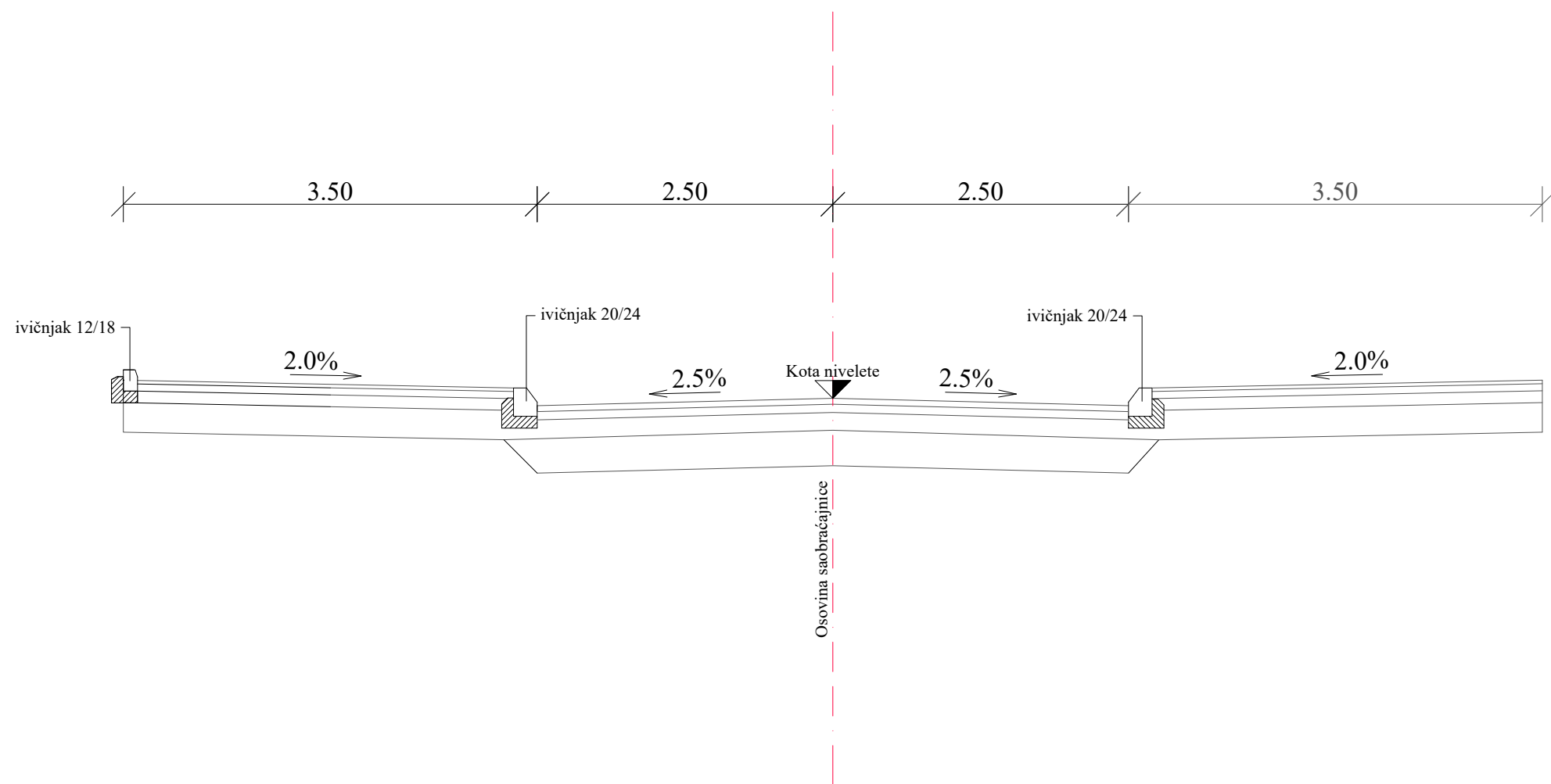
- Legenda:
- Osovina kolovoza
 - Desna ivica kolovoza
 - Leva ivica kolovoza
 - Regulaciona linija
 - Desna pešačka staza
 - Leva pešačka staza

Grafički prilozi		
	Naziv ulice:	Sestre Baković
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	28

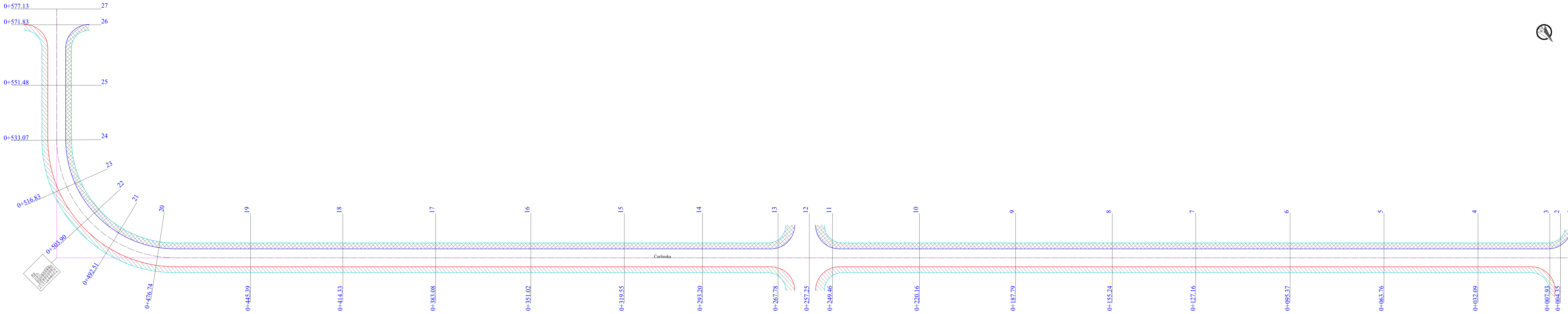


OZNAKE PROFILA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
STACIONAŽE	7.19	21.61	45.25	67.46	85.70	0.1483	21.20	40.04	60.87	82.37	0.2352	26.00	44.53	53.57	67.70
KOTE TERENA	191.520	191.519	191.540	191.590	191.630	191.671	191.729	191.779	191.816	191.860	191.929	191.947	191.848	191.831	191.885
KOTE NIVELETE	191.520	191.536	191.561	191.602	191.645	191.691	191.730	191.775	191.824	191.875	191.925	191.949	191.851	191.841	191.885
PRAVCI I KRIVINE	Desno - Krivina Levo - Krivina Pravac d=268.24														
UZDUŽNI NAGIB	0.1054 % 46.63 m 0.2377 % 168.36 m -0.5482 % 27.32 m 0.3589 % 18.20 m														

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Sestre Baković
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	29

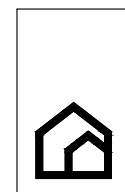


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Sestre Baković
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	30

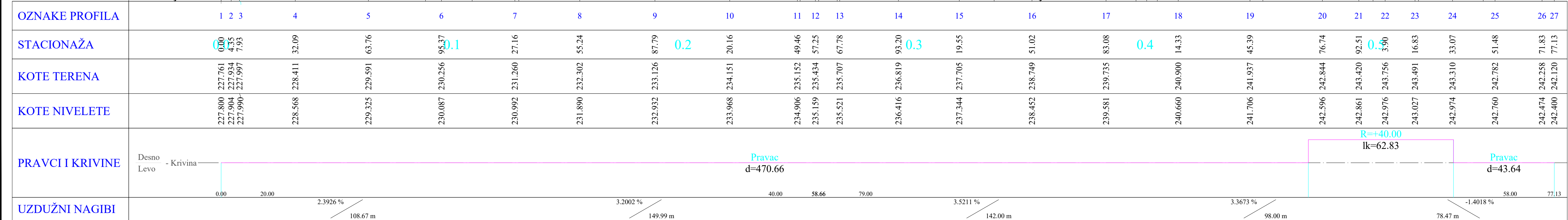


Legenda:

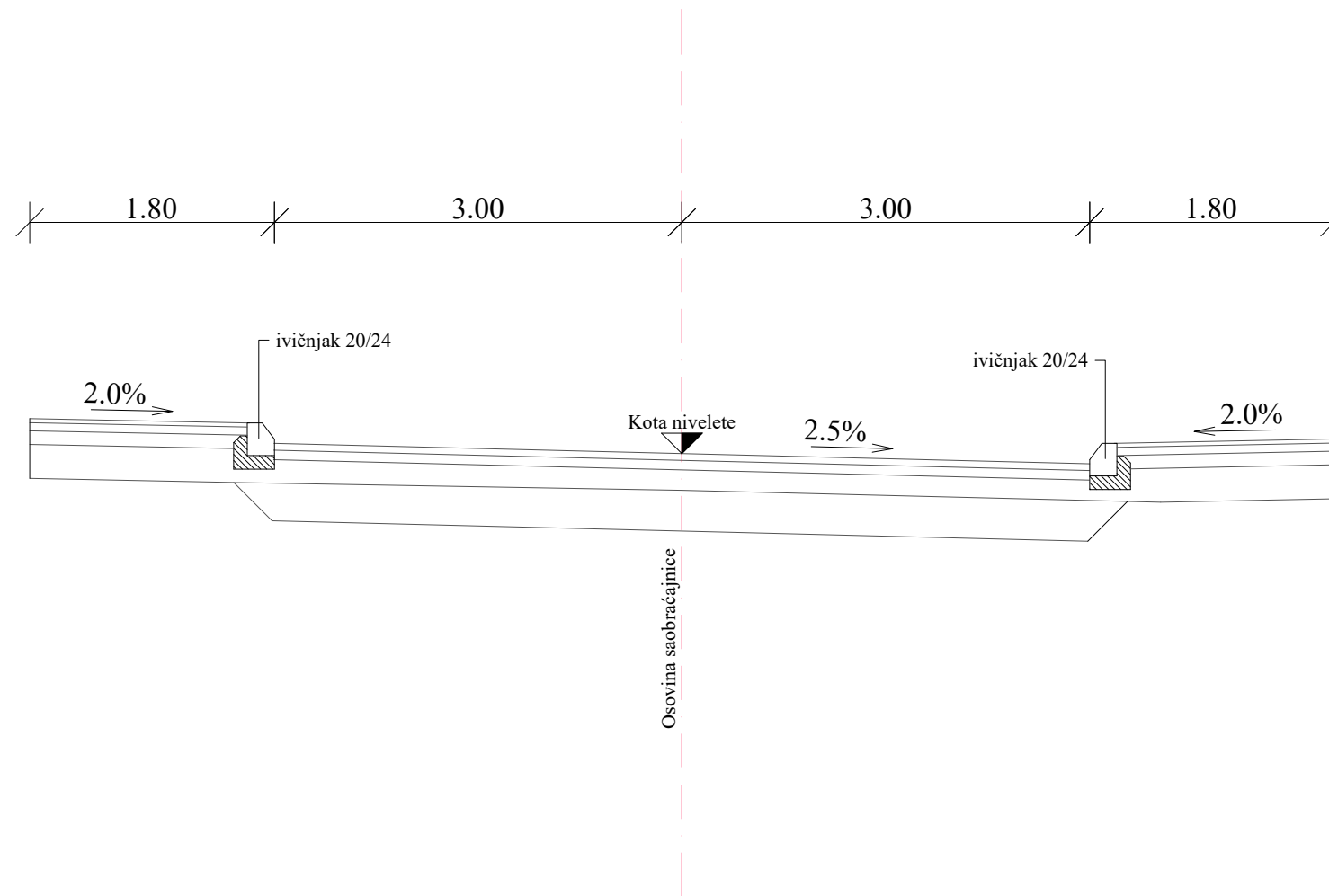
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza
- Tangentni poligon



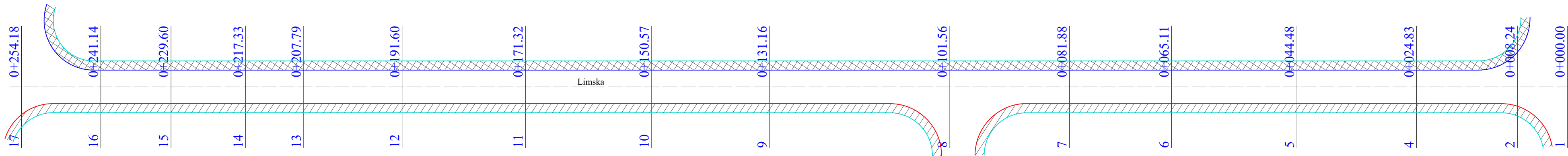
Grafički prilozi	
Naziv ulice:	Čurlinska
Crtež:	Situacioni plan
Razmera:	R=1:500
Kandidat:	Dušan Kocić
Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:	31



	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Čurlinska
	Crtež:	Uzdružni profil
	Razmera:	$R=1:\frac{100}{1000}$
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	32



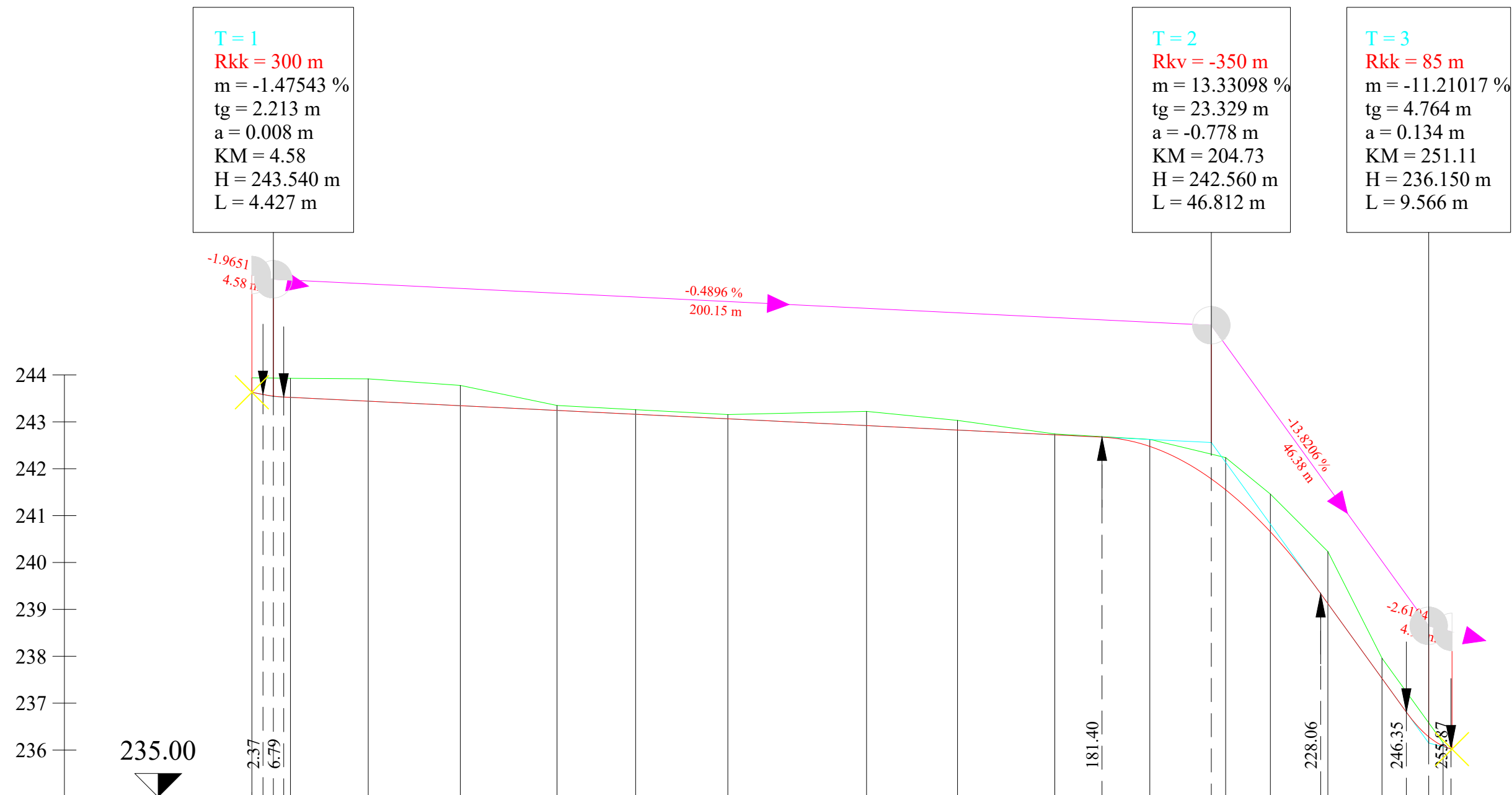
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Ćurlinska
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	33



Legenda:

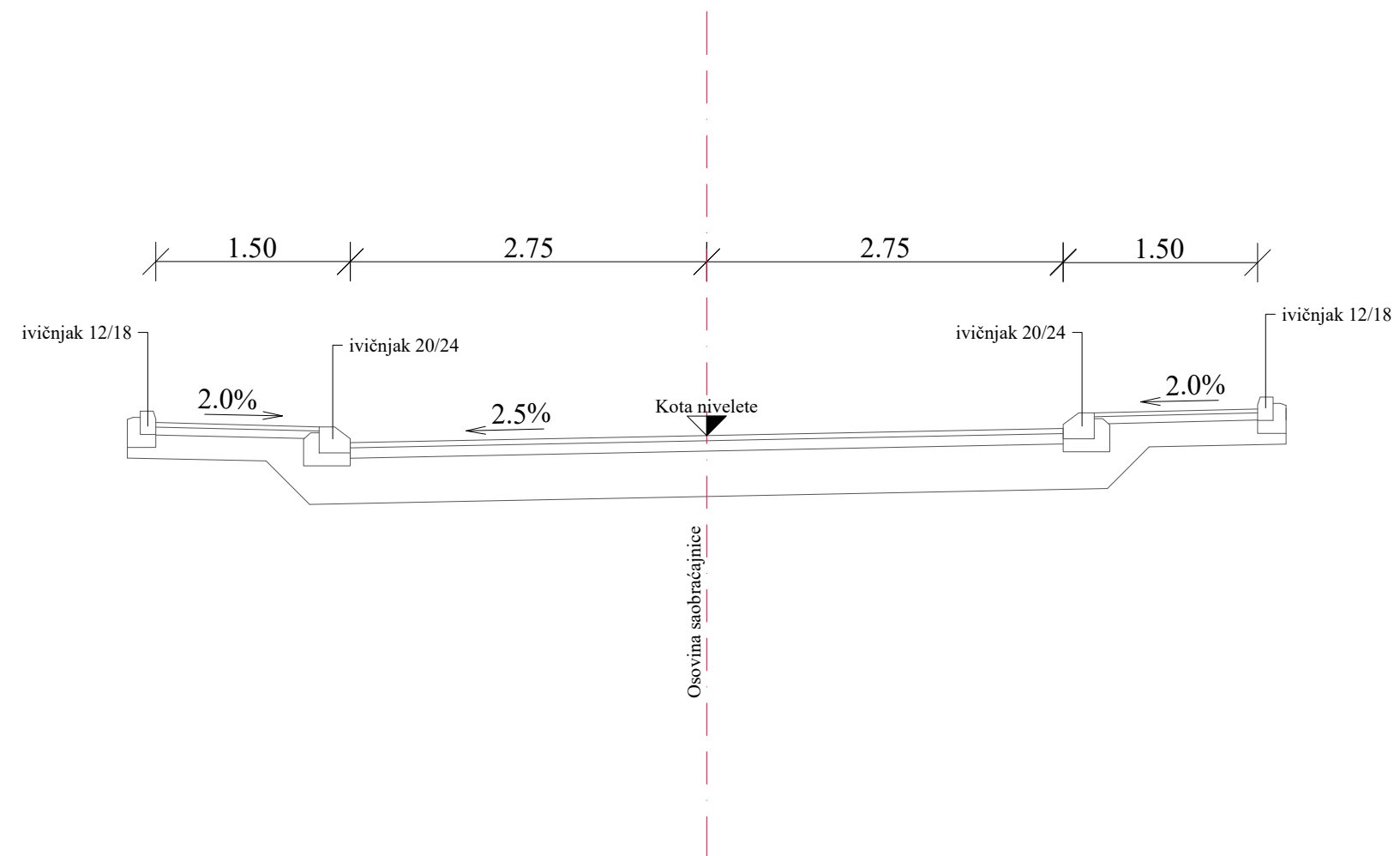
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Limska
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	34

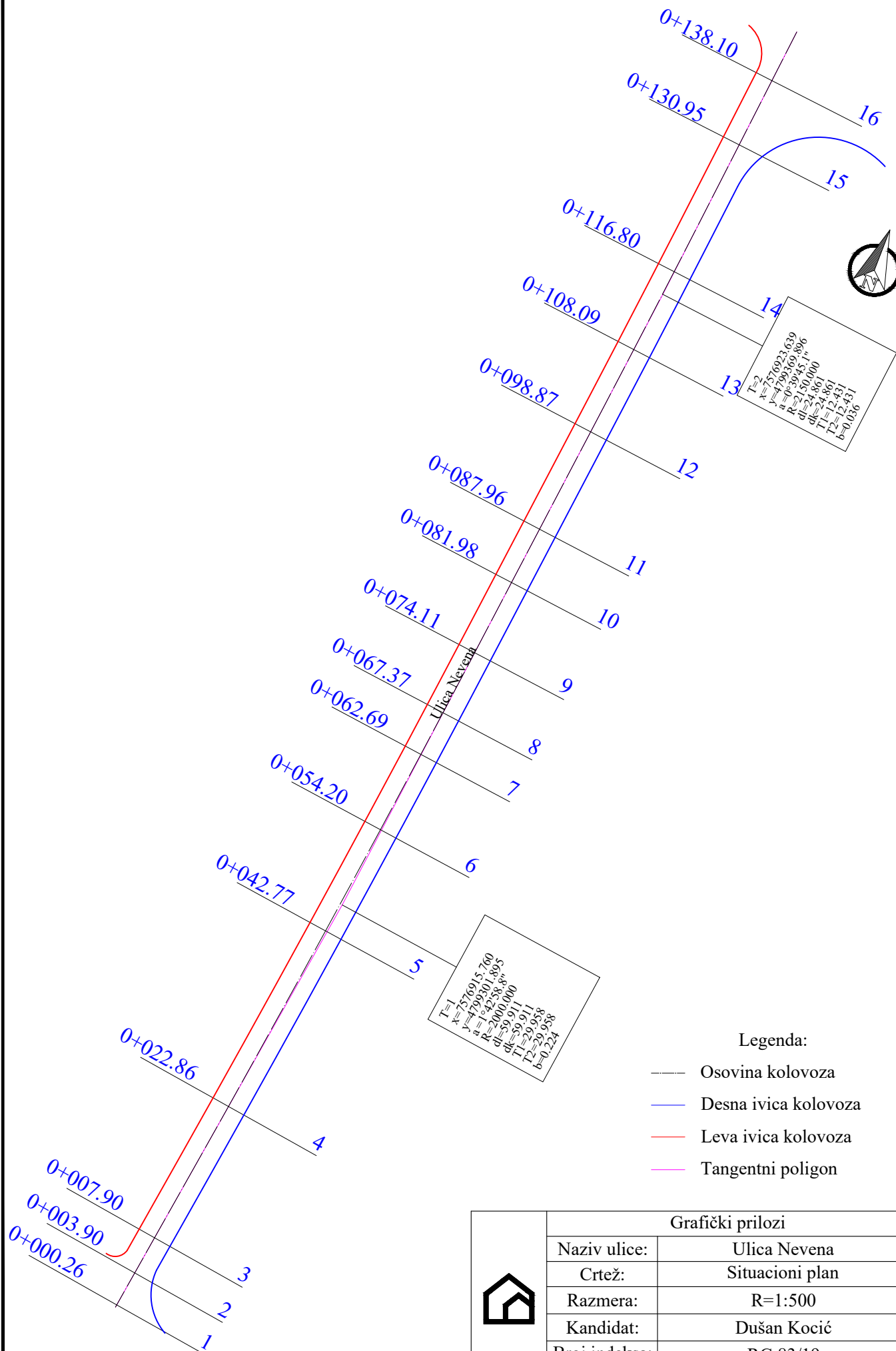


OZNAKE PROFILA	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
STACIONAŽA	0.00	8.24	24.83	44.48	65.11	81.88	101.56	131.16	181.57	211.32	241.60	271.79	301.33	329.60	361.14	385.18
KOTE TERENA	243.94	243.93	243.92	243.78	243.35	243.26	243.16	243.22	243.03	242.74	242.63	242.24	241.46	240.23	237.96	236.16
KOTE NIVELETE	243.63	243.52	243.44	243.34	243.24	243.16	243.07	242.92	242.83	242.72	242.48	241.55	240.65	239.12	237.53	236.09
PRAVCI I KRIVINE	Desno - Krivina Levo - Krivina Pravac d=256.11															
UZDUŽNI NAGIBI	-1.9651 % -0.4896 % -13.8206 % -2.6104 %															

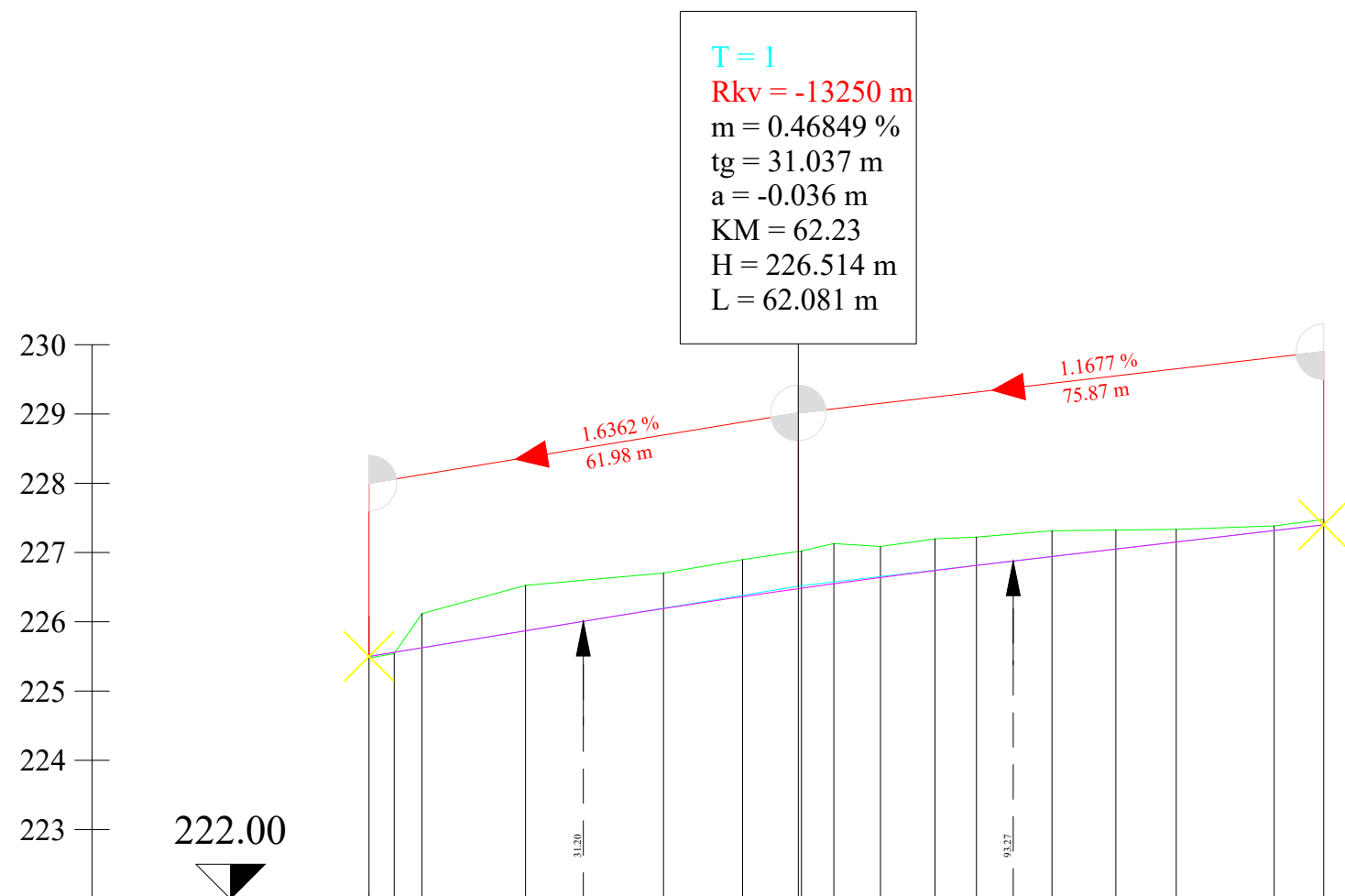
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Limska
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		35



	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Limska
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	36

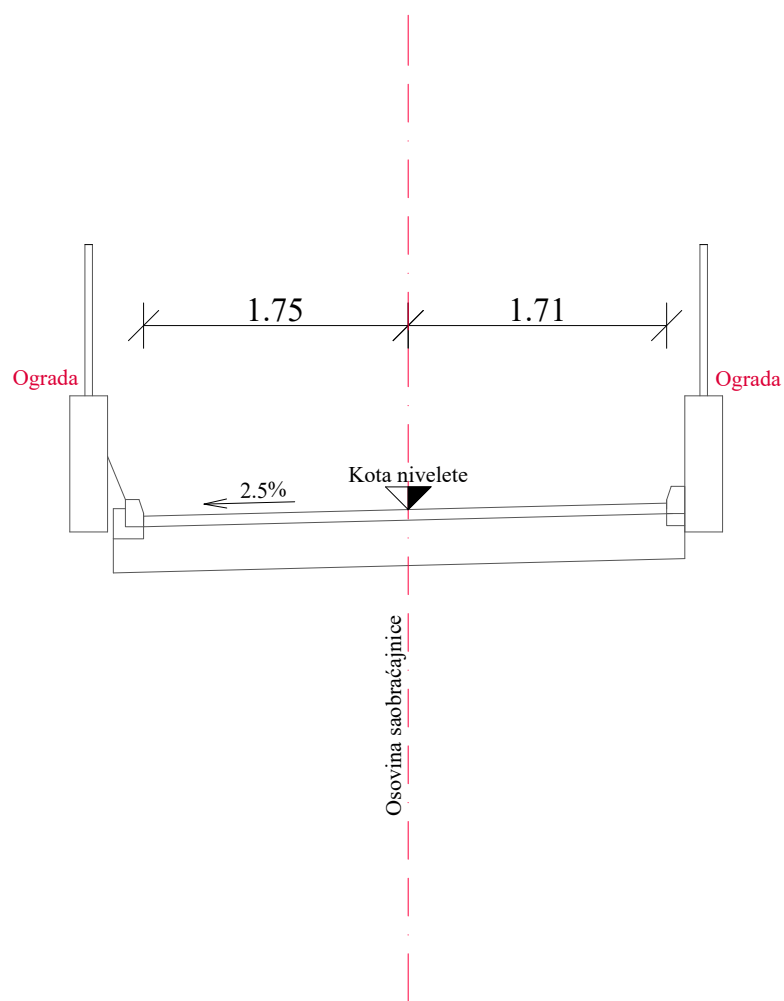


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Ulica Nevena
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	37

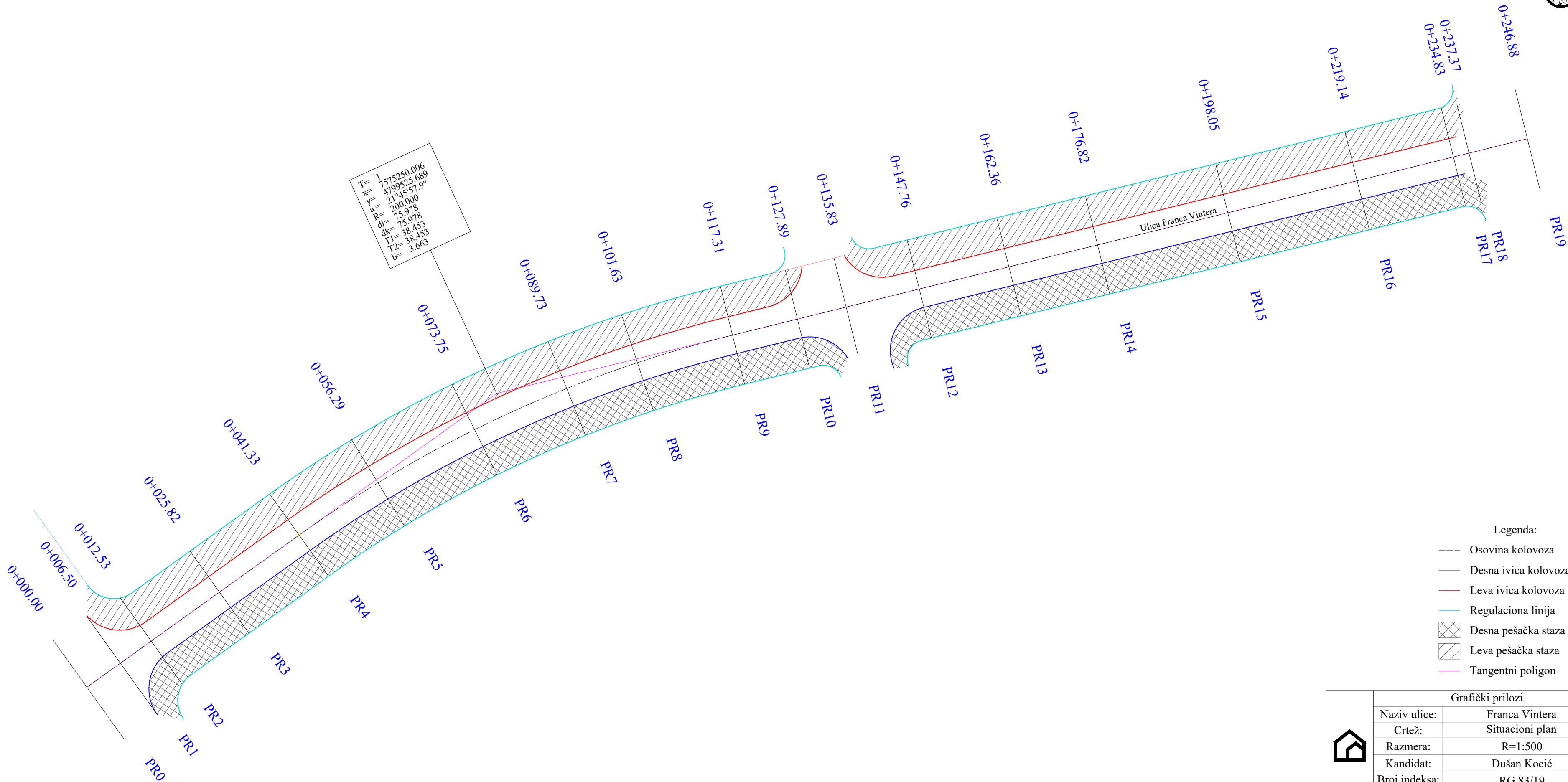


OZNAKE PROFILA	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16															
STACIONAŽA	0.26 3.90 7.90 22.86 42.77 54.20 62.69 67.37 74.11 81.97 87.95 98.87 108.81 116.80 130.95 138.10															
KOTE TERENA	225.476 225.543 226.119 226.525 226.703 226.898 227.023 227.130 227.087 227.197 227.223 227.314 227.324 227.334 227.383 227.478															
KOTE NIVELETE	225.500 225.560 225.625 225.870 226.191 226.363 226.484 226.549 226.639 226.740 226.813 226.942 227.050 227.151 227.316 227.400															
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=15.87 R=-2000.00 lk=59.91 Pravac d=26.07 R=-2150.00 lk=24.86 Pravac d=16.82															
UZDUŽNI NAGIBI	1.64% 61.98 m 1.17% 75.87 m															

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Ulica Nevena
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	38



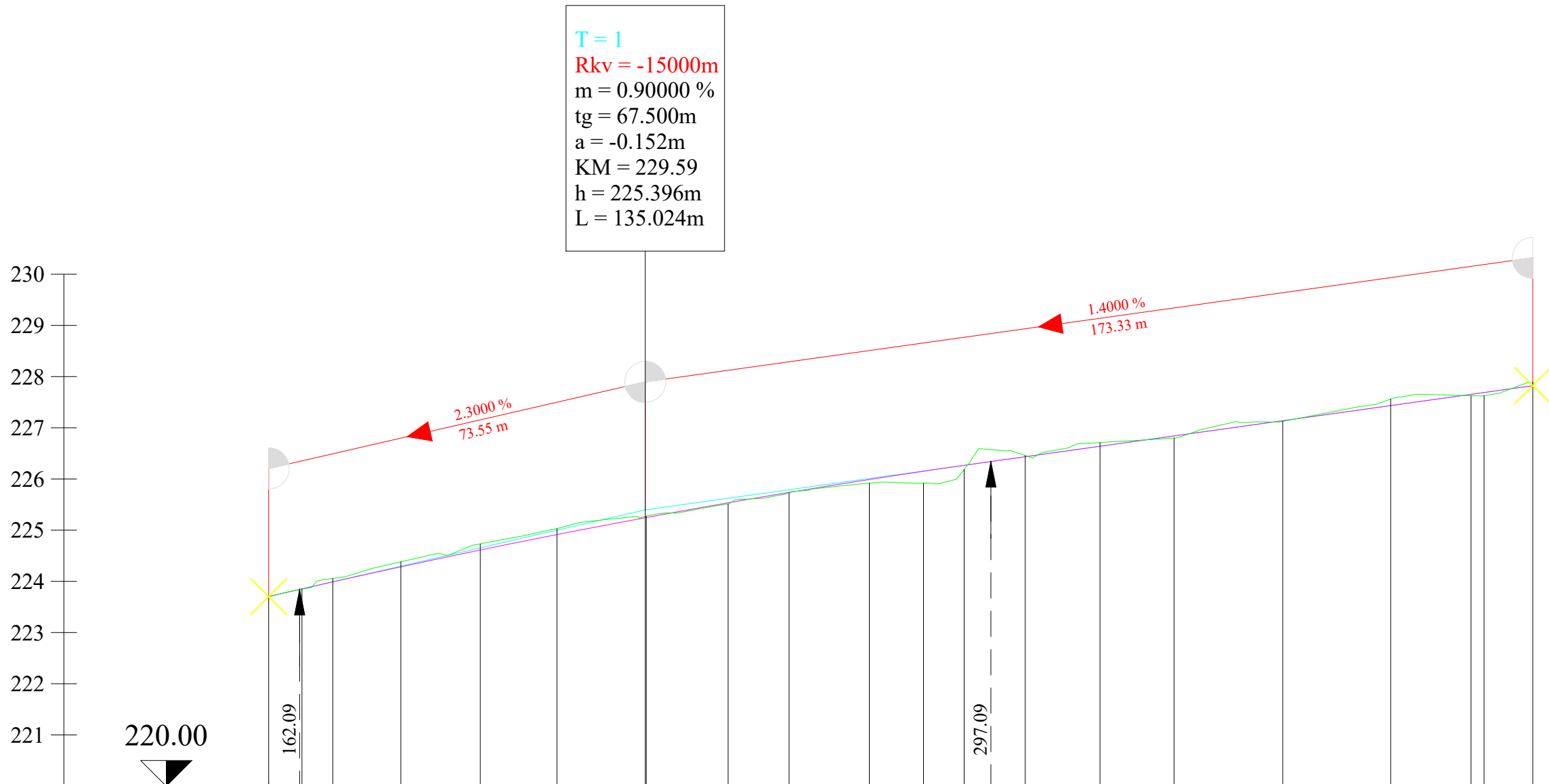
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Ulica Nevena
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	39



- Legenda:
- Osovina kolovoza
 - Desna ivica kolovoza
 - Leva ivica kolovoza
 - Regulaciona linija
 - Desna pešačka staza
 - Leva pešačka staza
 - Tangentni poligon

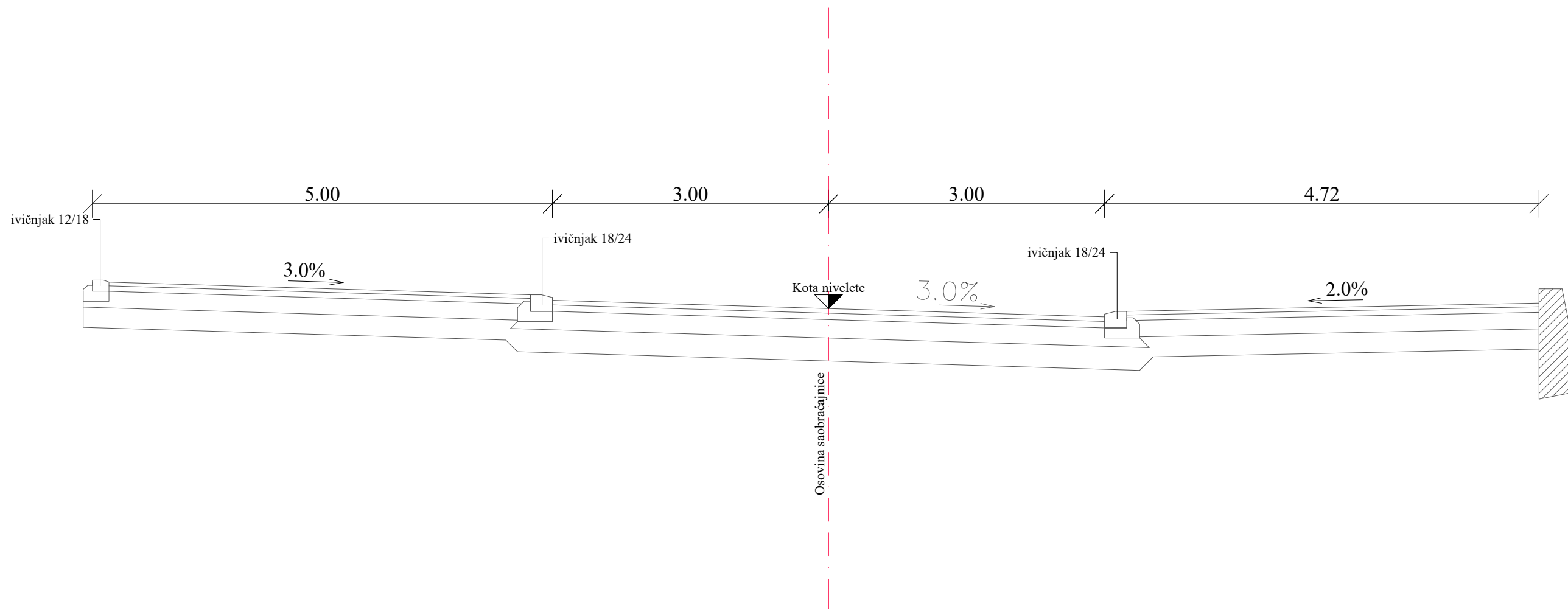


Grafički prilozi	
Naziv ulice:	Franca Vintera
Crtež:	Situacioni plan
Razmera:	R=1:500
Kandidat:	Dušan Kocić
Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:	40

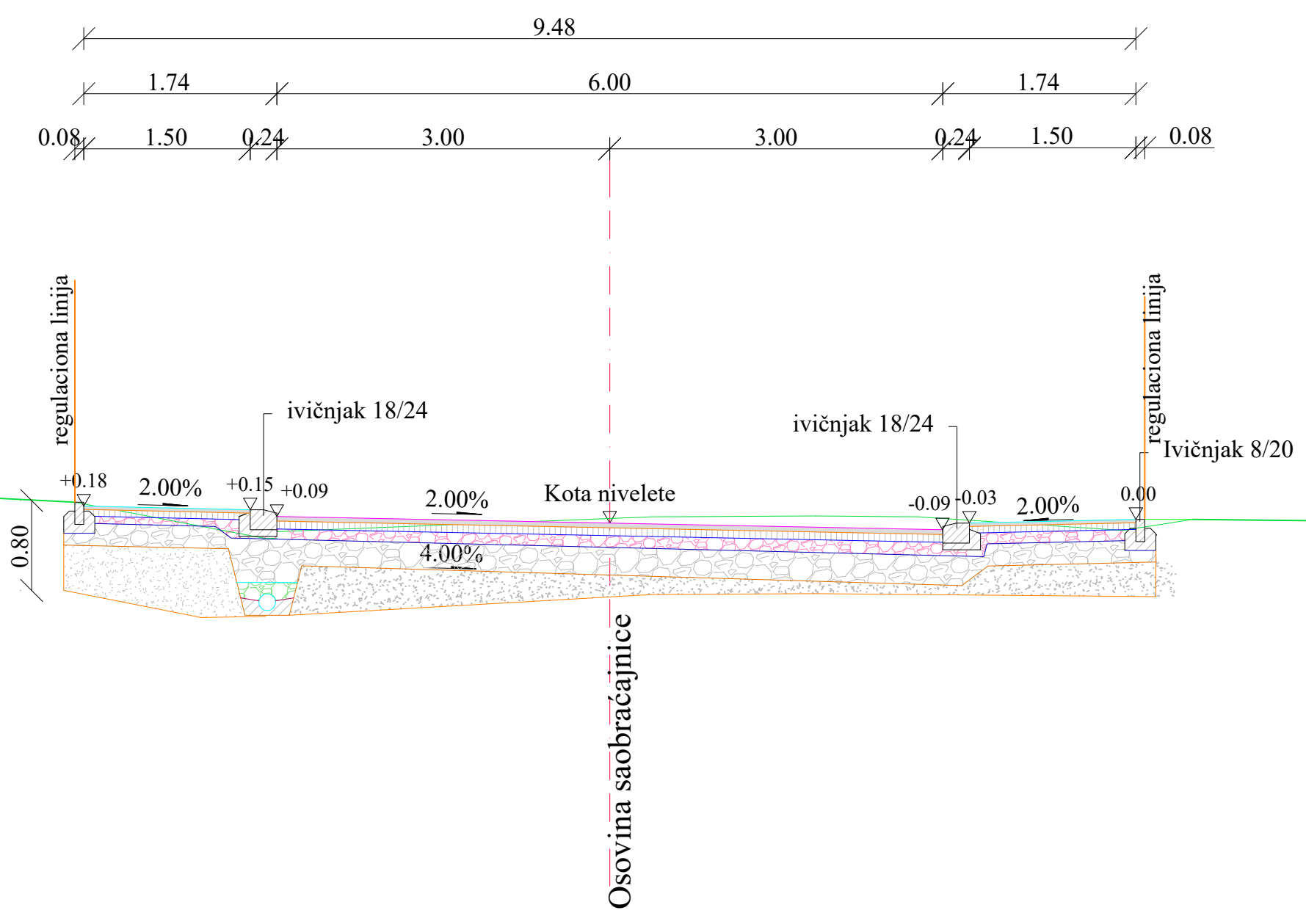


OZNAKE PROFILA	PR0	PR1	PR2	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	PR8	PR9	PR10	PR11	PR12	PR13	PR14	PR15	PR16	PR17	PR18	PR19
STACIONAŽA	-0.00	6.50	12.52	25.82	41.32	56.29	73.74	89.73	0.63	17.30	27.89	35.82	47.76	62.36	76.81	98.2	19.13	34.82	37.37	46.87
KOTE TERENA	223.698	223.847	224.056	224.382	224.733	225.032	225.276	225.513	225.734	225.920	225.919	226.188	226.457	226.711	226.801	227.124	227.562	227.627	227.629	227.889
KOTE NIVELETE	223.704	223.854	223.991	224.285	224.613	224.915	225.247	225.534	225.737	225.989	226.151	226.267	226.435	226.639	226.841	227.139	227.434	227.654	227.689	227.822
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina																			
UZDUŽNI NAGIBI	2.3000 % 73.55 m																			

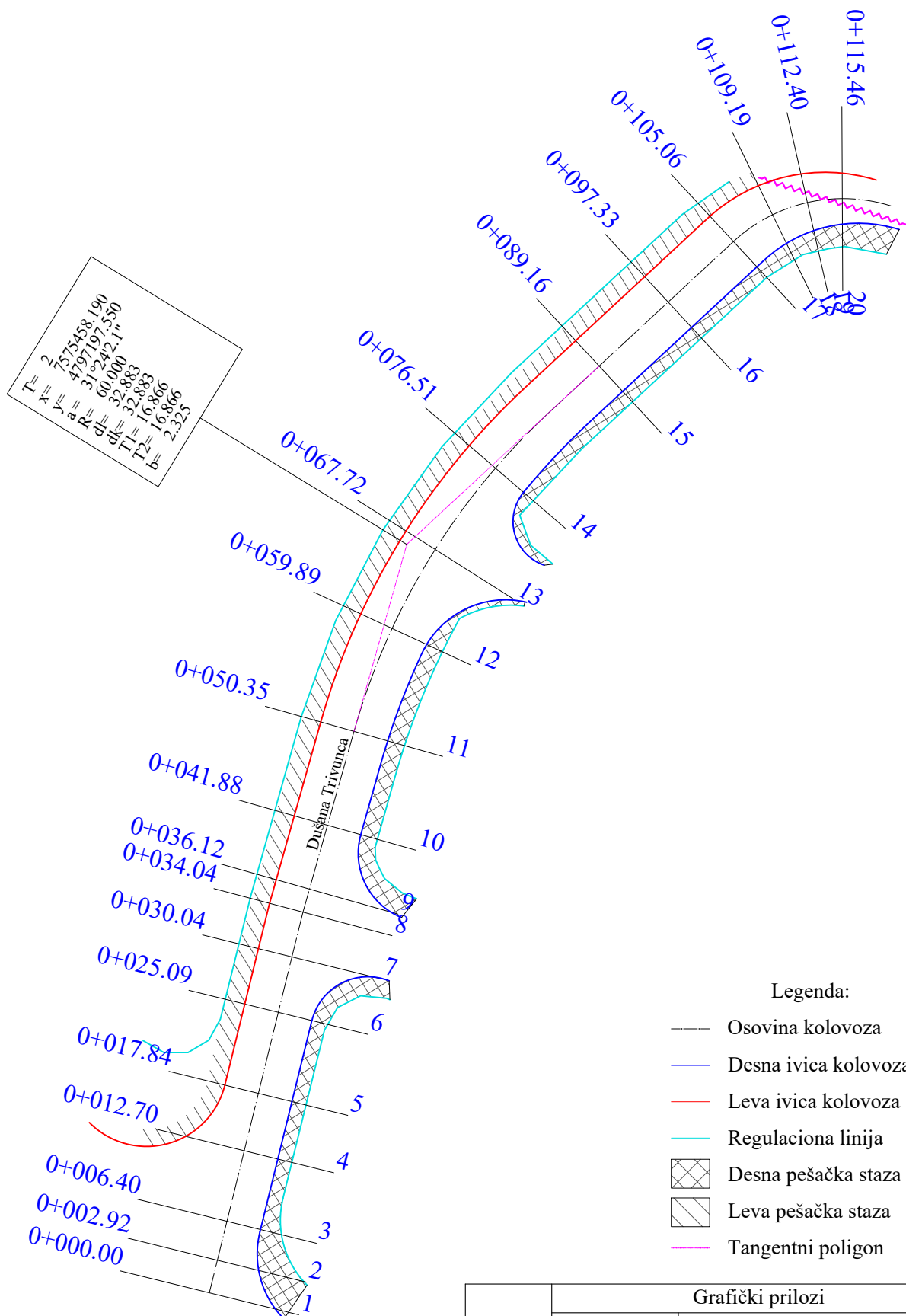
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Franca Vintera
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		41



	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Franca Vintera
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	42



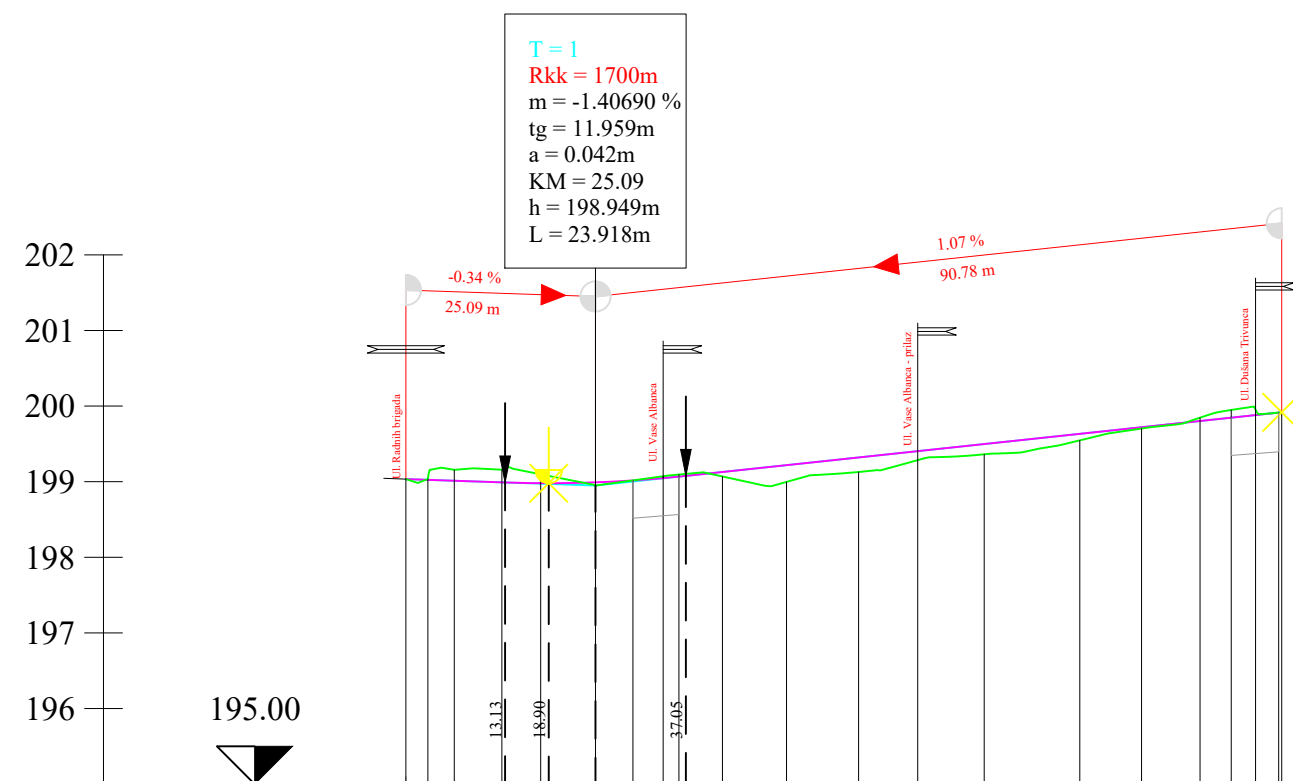
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Dušana Trivunca
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	43



Legenda:

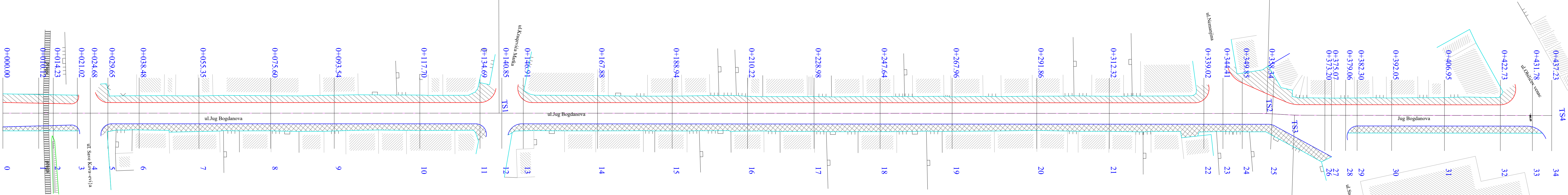
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- ▨ Desna pešačka staza
- ▨ Leva pešačka staza
- Tangentni poligon

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Dušana Trivunca
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	44



OZNAKE PROFILA	1234567891011121314151617181920
STACIONAŽA	-0.00 2.91 6.40 12.70 17.83 25.08 30.03 34.04 36.12 41.88 50.35 59.89 67.71 76.51 89.15 97.32 9.1 5.06 9.19 12.40 15.46 15.86
KOTE TERENA	199.034 199.035 199.156 199.159 199.098 198.955 199.017 199.071 199.094 199.069 199.128 198.997 199.128 199.285 199.362 199.547 199.703 199.847 199.948 199.952 199.914 199.918
KOTE NIVELETE	199.034 199.024 199.013 198.991 198.980 198.991 199.016 199.047 199.067 199.128 199.219 199.321 199.404 199.498 199.633 199.720 199.803 199.847 199.881 199.914 199.918
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=33.70 Pravac d=15.97 R=+60.00 lk=32.88 Pravac d=21.82 R=+14.00 lk=14.69
UZDUŽNI NAGIB	-0.3395 % 25.09 m 1.0674 % 90.78 m

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Dušana Trivunca
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	$R=1:\frac{100}{1000}$
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		45



T=1
x=7572720.035
y=4796958.697
a=0°1'13.0"
R=10000.000
dl=3.537
dk=3.537
T1=1.769
T2=1.769
b=0.000

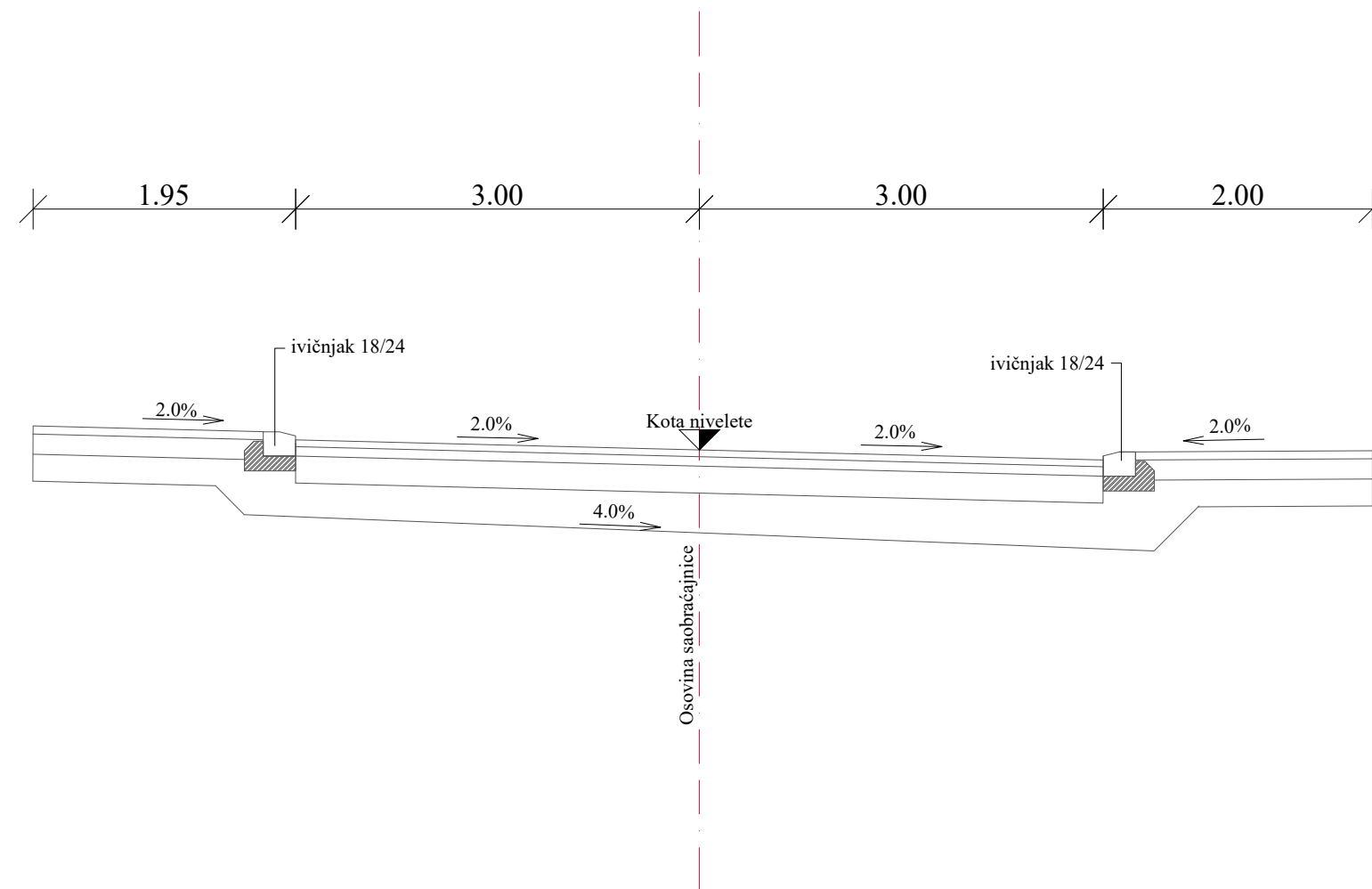
T=2
x=7572738.188
y=4797174.600
a=3°40'58.3"
R=100.000
dl=6.428
dk=6.428
T1=3.215
T2=3.215
b=0.052

T=3
x=7572739.351
y=4797182.391
a=3°38'27.5"
R=100.000
dl=6.355
dk=6.355
T1=3.178
T2=3.178
b=0.050

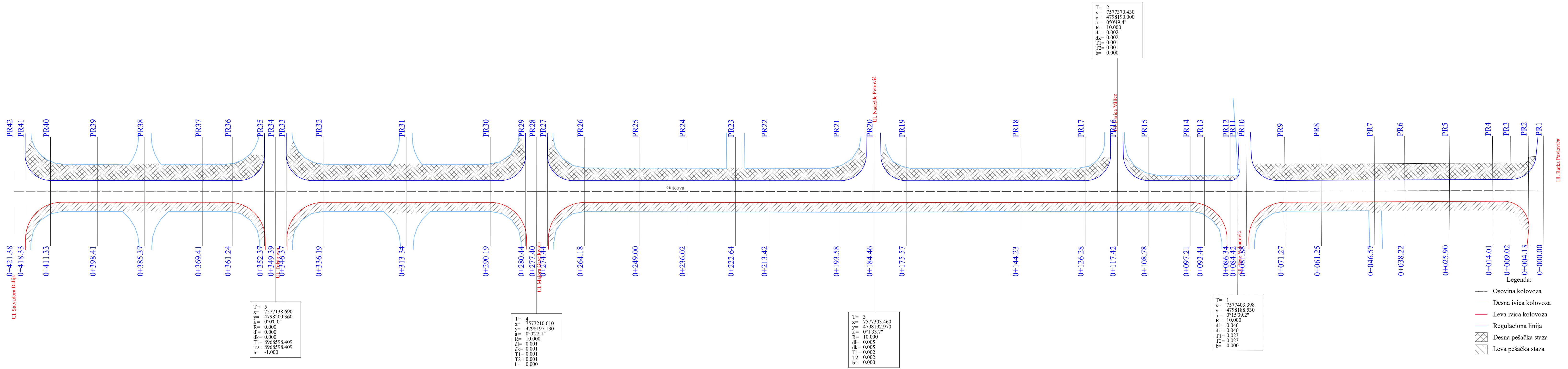
- Legenda:
- Osovina kolovoza
 - Desna ivica kolovoza
 - Leva ivica kolovoza
 - Regulaciona linija
 - Desna pešačka staza
 - Leva pešačka staza
 - Tangentni poligon

Grafički prilozi	
Naziv ulice:	Jug Bogdanova
Crtež:	Situacioni plan
Razmera:	R=1:500
Kandidat:	Dušan Kocić
Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:	46

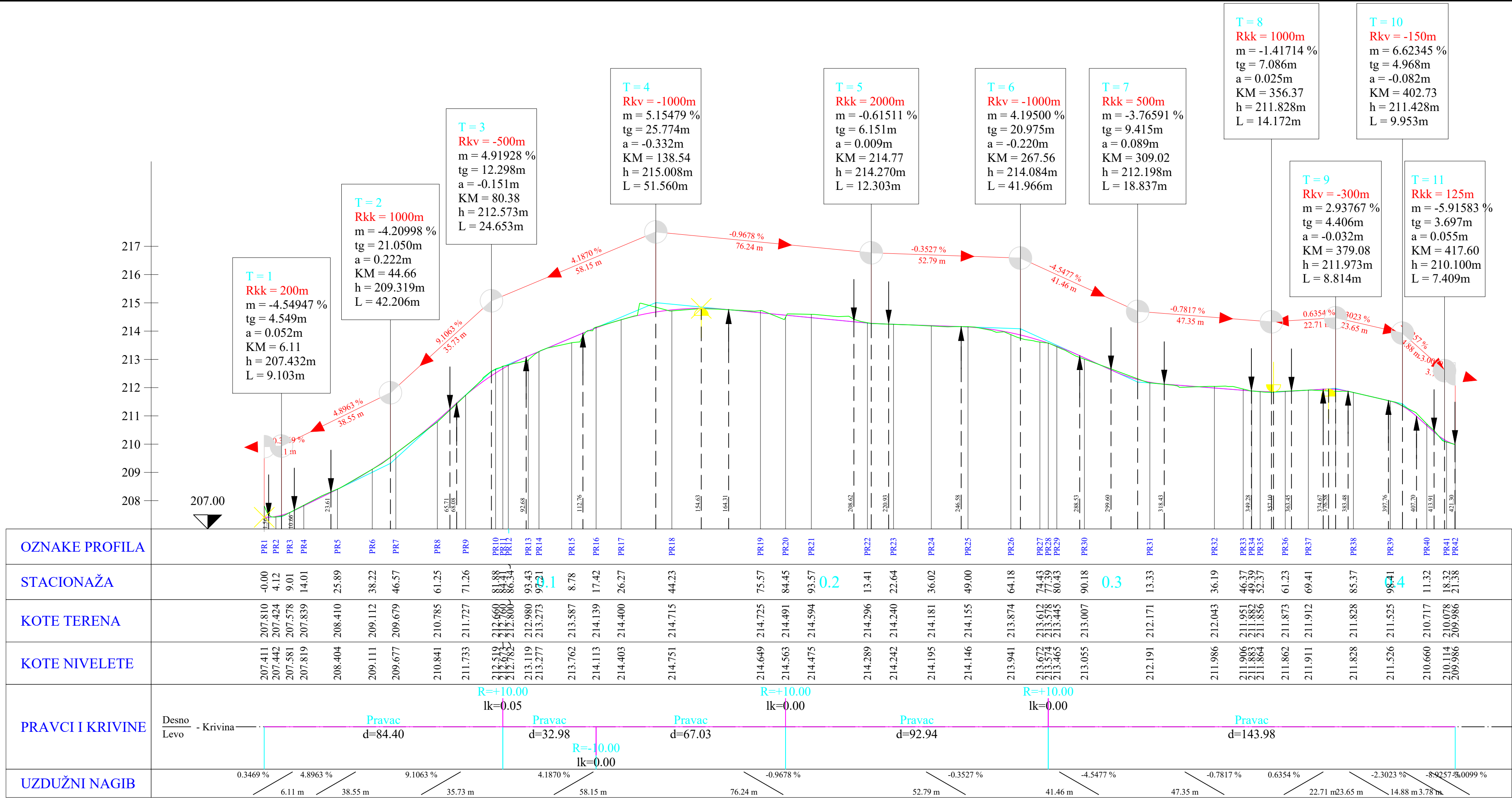




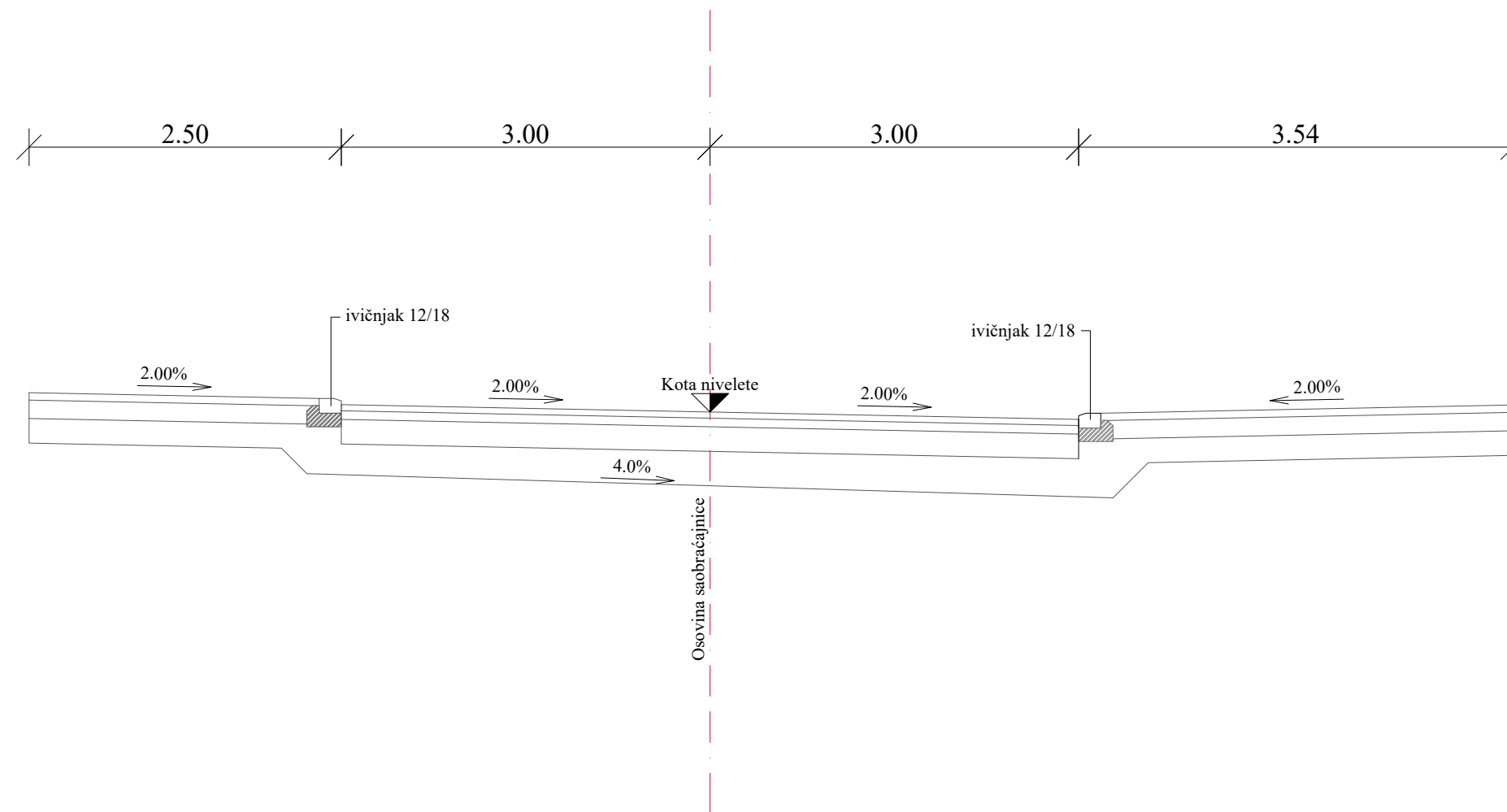
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Jug Bogdanova
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	48



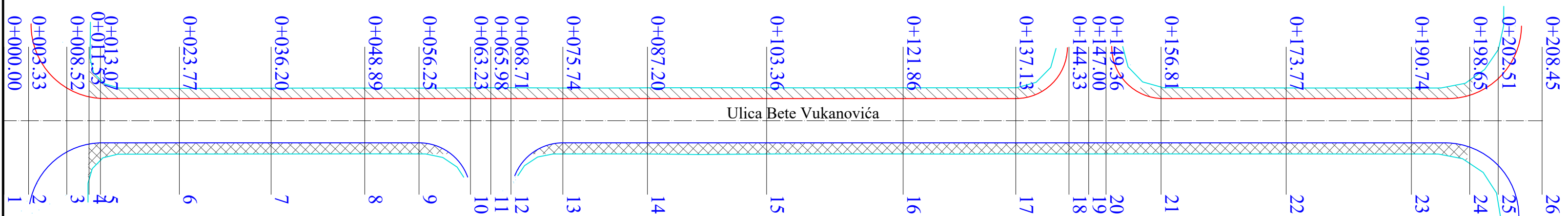
	Grafčki prilozi	
	Naziv ulice:	Geteova
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	49



	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Geteova
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	50



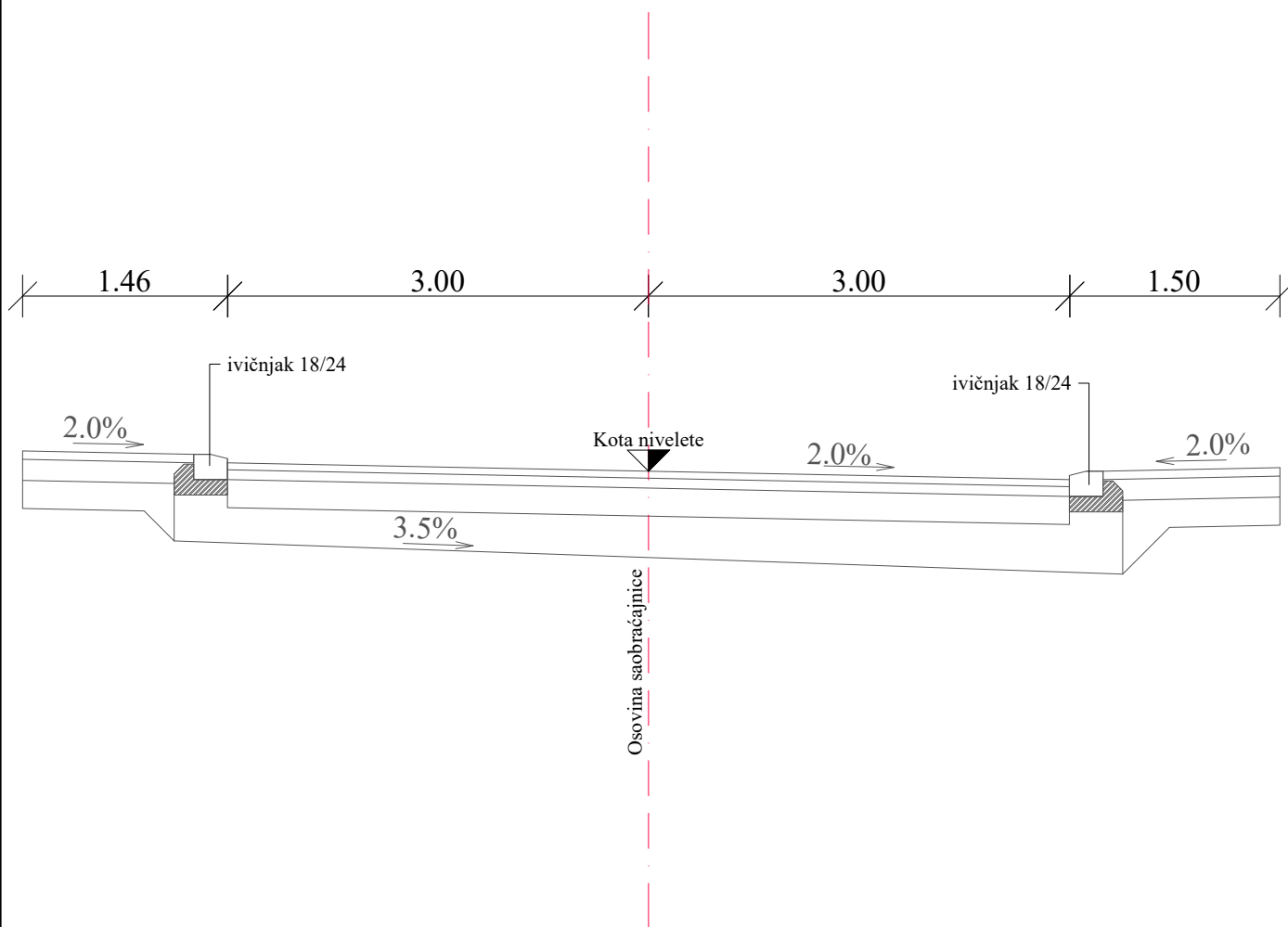
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Geteova
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	51



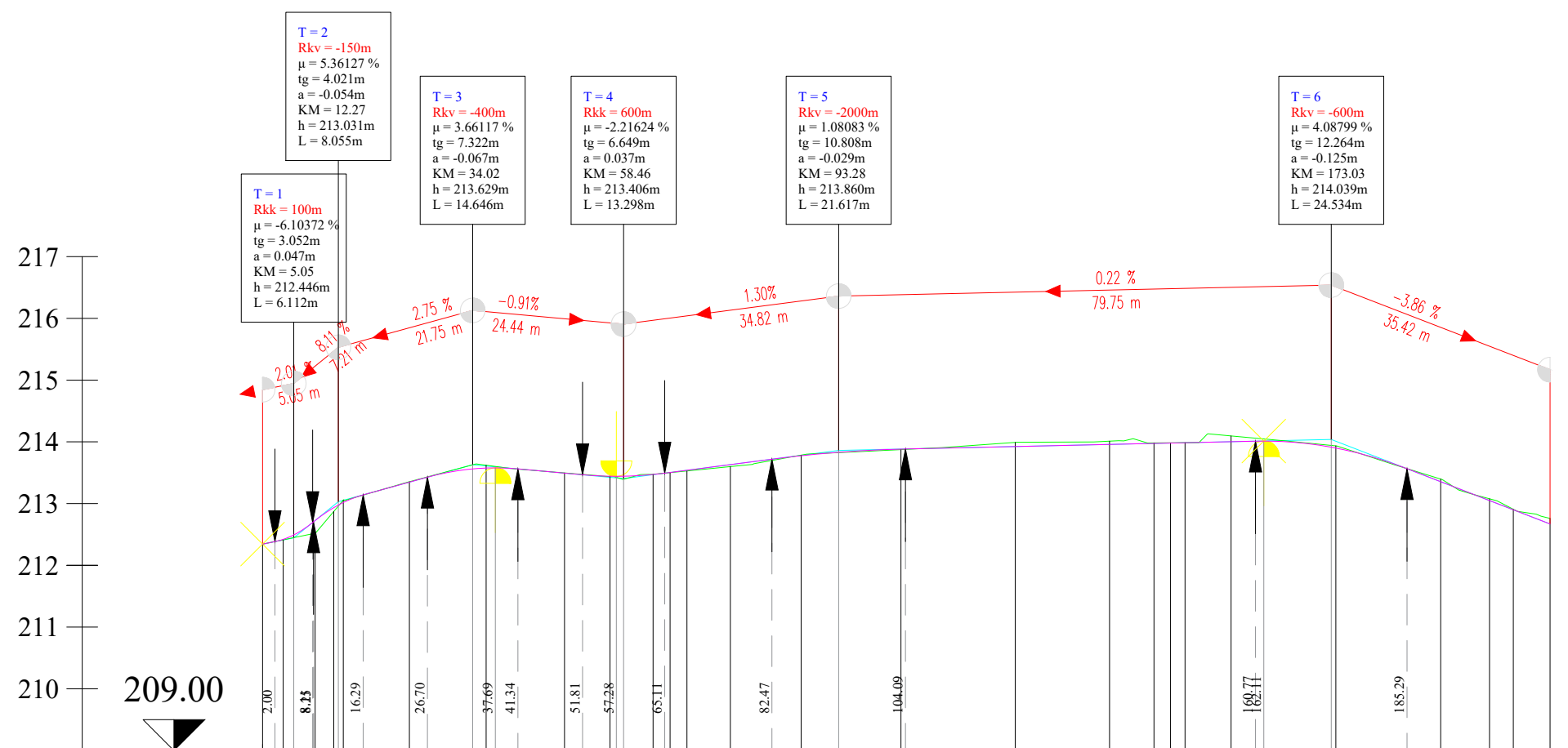
Legenda:

- | | |
|---|----------------------|
|  | Osovina kolovoza |
|  | Desna ivica kolovoza |
|  | Leva ivica kolovoza |
|  | Regulaciona linija |
|  | Desna pešačka staza |
|  | Leva pešačka staza |

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Bete Vukanovića
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	52

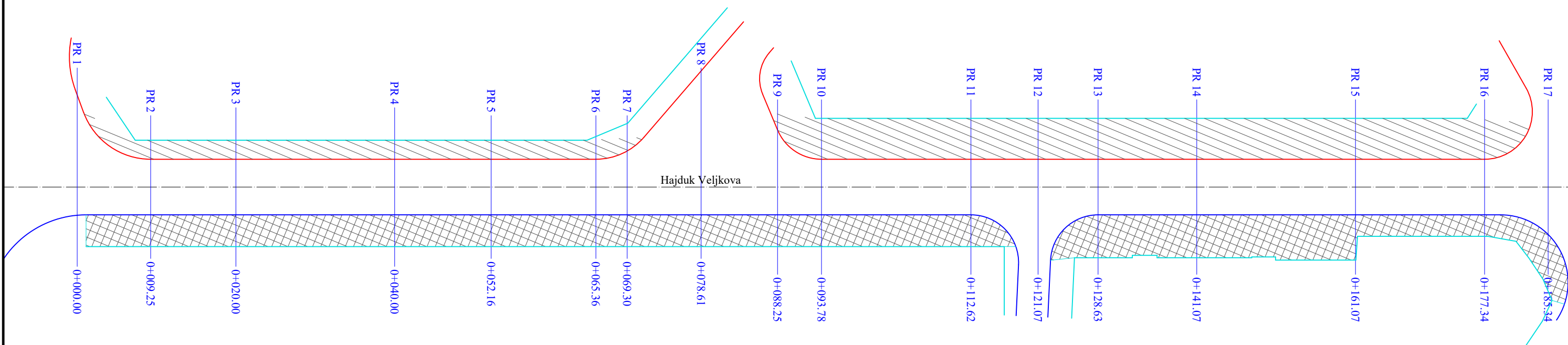


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Bete Vukanovića
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	53



OZNAKE PROFILA	1234567891011121314151617181920212223242526
STACIONAŽA	-0.003.338.5111.5213.0723.7736.2048.8956.2563.2263.5868.7175.7387.200.133521.8537.1244.3347.0049.3556.8073.7790.7498.642.508.45
KOTE TERENA	212.344212.413212.519212.872213.055213.354213.621213.496213.444213.474213.502213.529213.599213.785213.874213.991214.011213.982213.884213.986214.096213.935213.397213.077212.908212.760
KOTE NIVELETE	212.344212.420212.726212.938213.018213.347213.576213.493213.443213.471213.504213.540213.631213.775213.883213.924213.958213.975213.981213.986214.003213.900213.354213.049212.900212.670
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=65.98 Pravac d=81.02 Pravac d=61.45
UZDUŽNI NAGIBI	2.007210 %2.7497 %-0.9115 %1.3047 %0.2239 %-3.8641 % 5.05 m21.75 m24.44 m2.00400 %34.82 m79.75 m35.42 m

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Bete Vukanovića
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	54

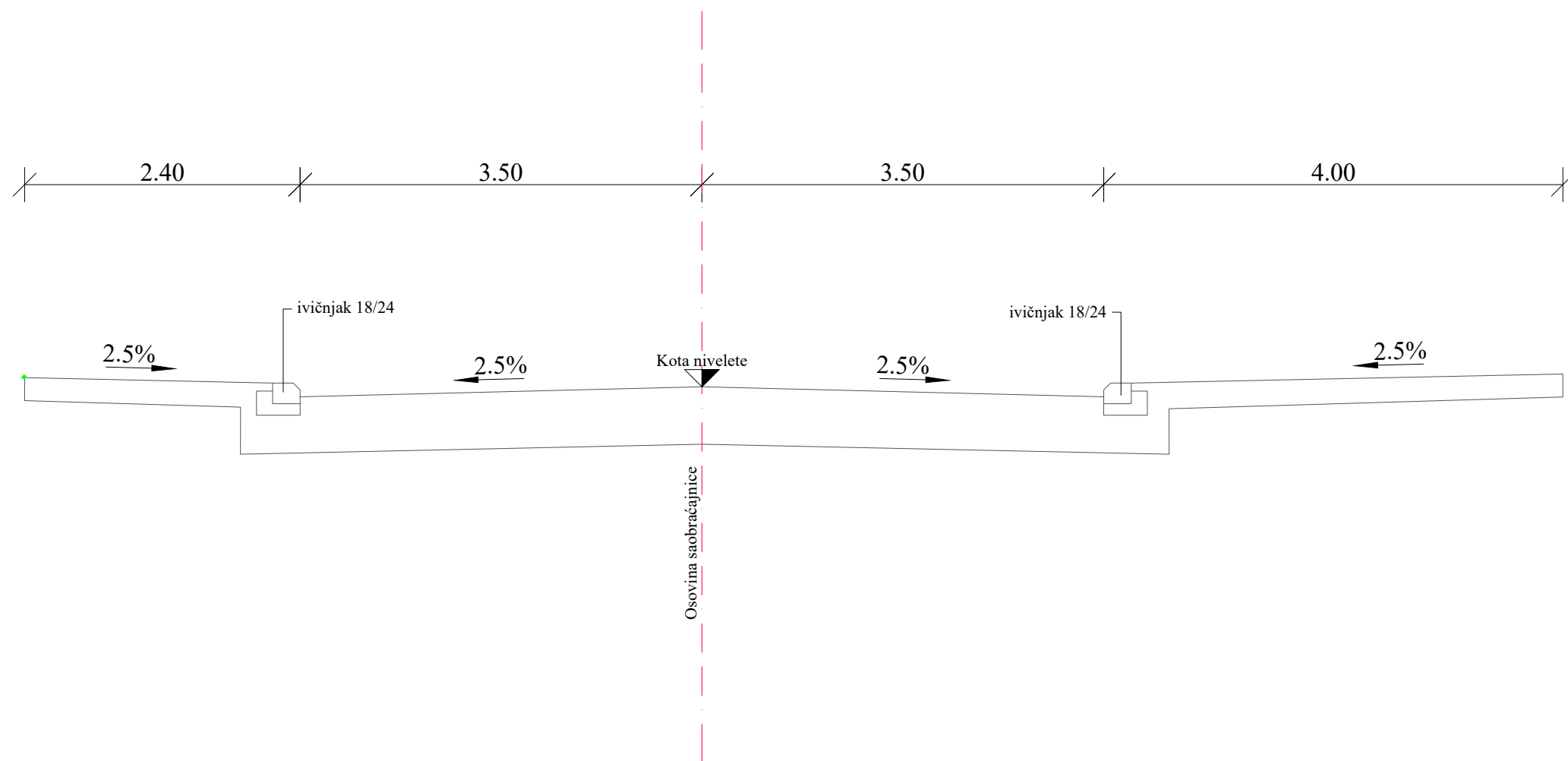


Legenda:

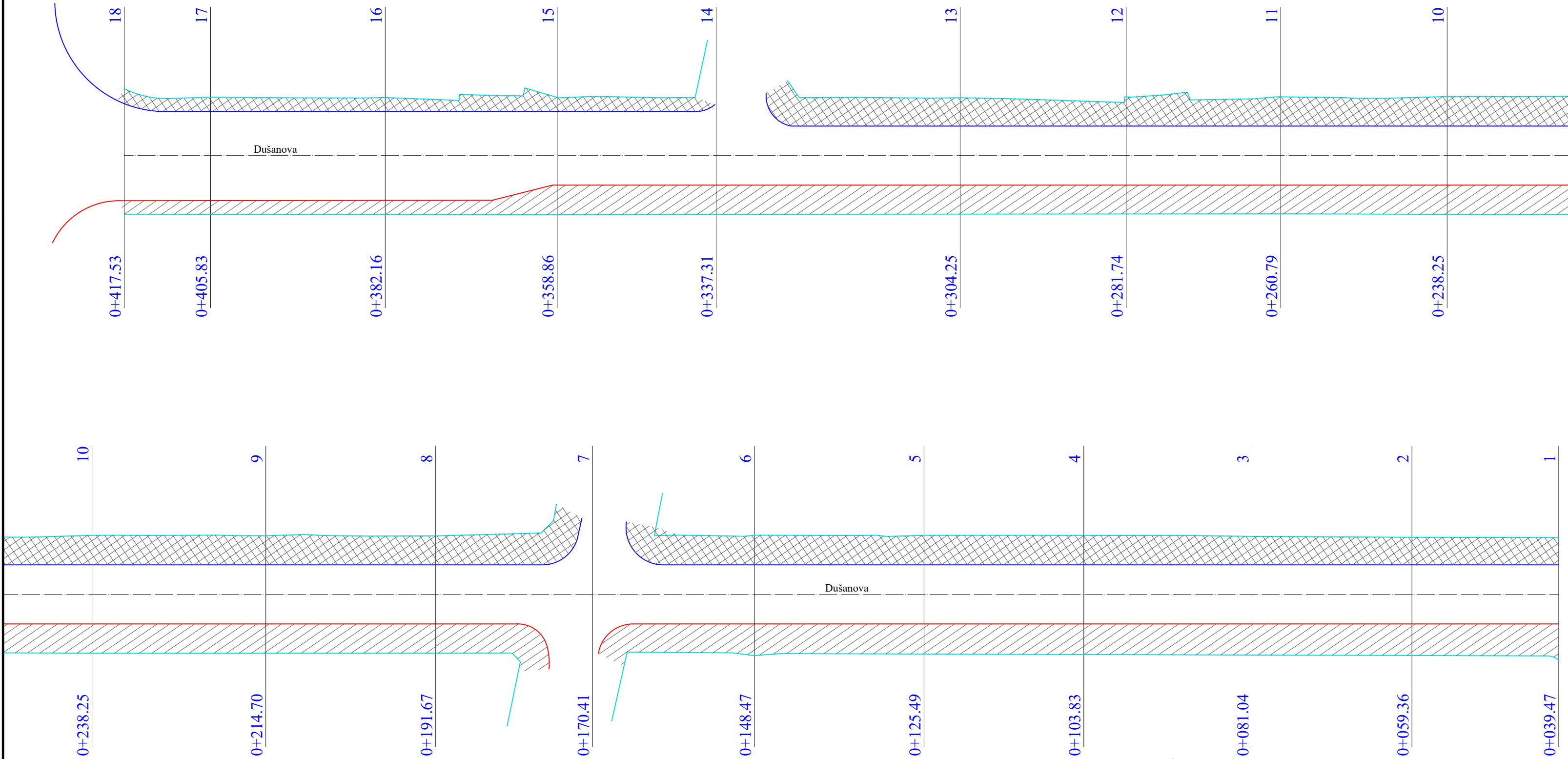
- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza



Grafički prilozi	
Naziv ulice:	Hajduk Veljkova
Crtež:	Situacioni plan
Razmera:	R=1:500
Kandidat:	Dušan Kocić
Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:	55



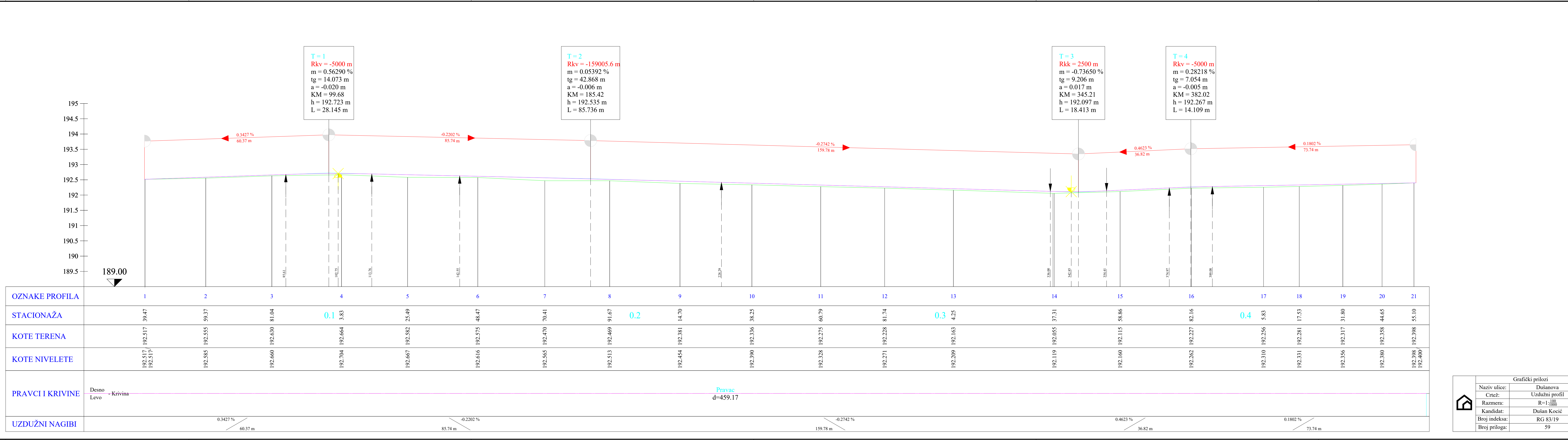
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Hajduk Veljkova
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	57



Legenda:

- Osovina kolovoza
- Desna ivica kolovoza
- Leva ivica kolovoza
- Regulaciona linija
- Desna pešačka staza
- Leva pešačka staza

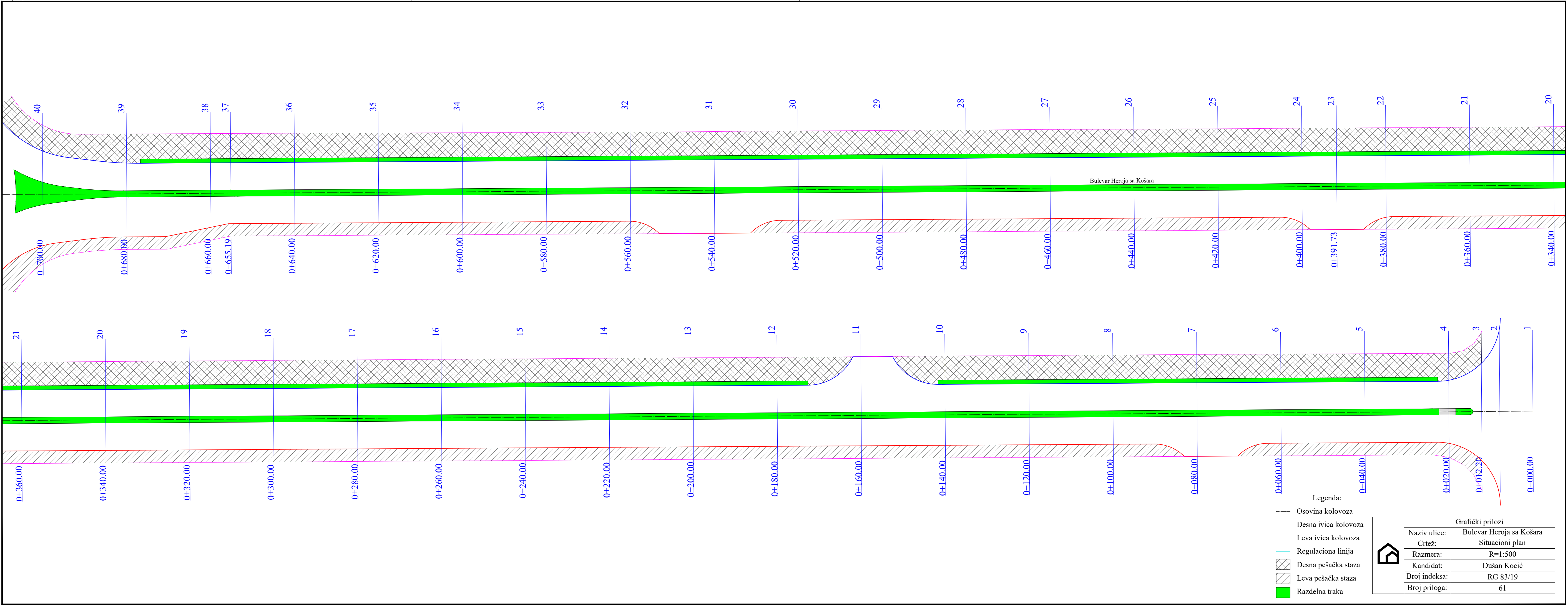
	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Dušanova
	Crtež:	Situacioni plan
	Razmera:	R=1:500
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	58

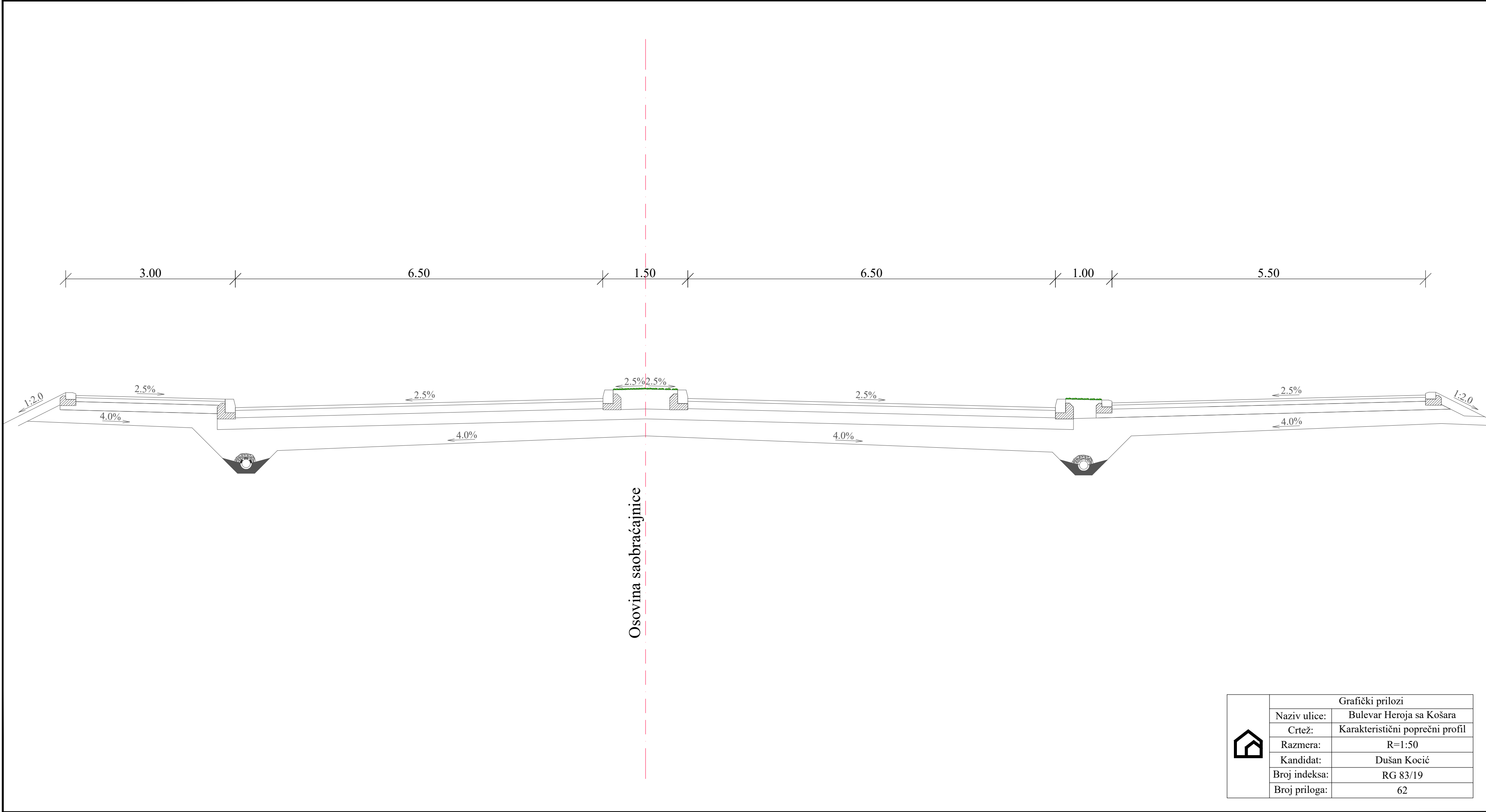


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Dušanova
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	59

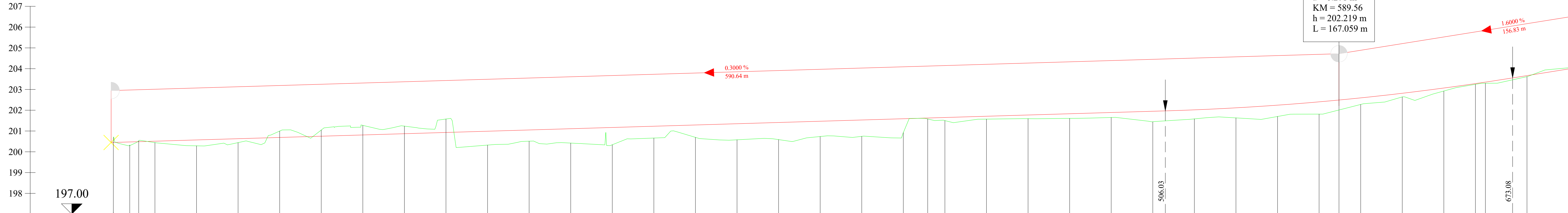


	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Dušanova
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		60





	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Bulevar Heroja sa Košara
	Crtež:	Karakteristični poprečni profil
	Razmera:	R=1:50
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
	Broj priloga:	62



OZNAKE PROFILA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40								
STACIONAŽA	000	00	7.88	12.20	20.00	40.00	60.00	80.00	001	20.00	40.00	60.00	80.00	002	20.00	40.00	60.00	80.00	003	20.00	40.00	60.00	80.00	91.73	004	20.00	40.00	60.00	80.00	005	20.00	40.00	60.00	80.00	006	20.00	40.00	55.19	60.00	80.00	007							
KOTE TERENA	200.447	200.450	200.321	200.528	200.442	200.287	200.441	200.997	201.047	201.272	201.235	201.577	200.323	200.510	200.419	200.339	200.662	200.695	200.577	200.587	200.735	200.743	200.924	201.579	201.625	201.579	201.650	201.501	201.573	201.594	201.830	201.608	201.890	201.651	201.443	201.583	202.018	201.631	202.243	202.403	202.594	202.815	203.068	203.281	203.247	203.298	203.617	204.038
KOTE NIVELETE	200.447	200.450	200.474	200.487	200.510	200.570	200.630	200.690	200.750	200.810	200.870	200.930	200.990	201.050	201.110	201.170	201.230	201.290	201.350	201.410	201.470	201.530	201.590	201.625	201.650	201.650	201.710	201.770	201.830	201.890	201.950	202.018	202.115	202.243	202.403	202.594	202.815	203.068	203.281	203.352	203.666	203.986						
PRAVCI I KRIVINE	Desno Levo - Krivina Pravac d=746.39																																															
UZDUŽNI NAGIBI	0.3000 % 590.64 m 1.6000 % 156.83 m																																															

	Grafički prilozi	
	Naziv ulice:	Bulevar Heroja sa Košara
	Crtež:	Uzdužni profil
	Razmera:	R=1:1000
	Kandidat:	Dušan Kocić
	Broj indeksa:	RG 83/19
Broj priloga:		63

BIOGRAFIJA AUTORA



Dušan D. Kocić, master inženjer građevinarstva, rođen je 11.10.1995. godine u Nišu. Osnovno obrazovanje stekao je u Osnovnoj školi „Ćele kula”. Završio je gimnaziju „Bora Stanković” u Nišu. Građevinsko - arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, upisao je 2014. godine.

Osnovne akademske studije, na smeru saobraćajnice građevinskog odseka, završio je 2018. godine. Odbranom diplomskog rada iz predmeta Putevi stekao je akademski naziv diplomirani inženjer građevinarstva. Master akademske studije upisao je 2018. godine.

Tokom master studija zaposlio se na Višoj tehničkoj školi u Nišu. Naredne godine odbranio je master rad iz predmeta CAD u projektovanju saobraćajnica i time stekao akademski naziv Master inženjer građevinarstva. Upisuje doktorske akademske studije 2019. godine na Građevinsko – arhitektonskom fakultetu u Nišu.

Profesionalnu karijeru započeo je tokom master studija, zaposlenjem na Višoj tehničkoj školi strukovnih studija u Nišu. Od 2020. do 2021. godine radio je kao projektant u firmi „Nišinvest“, gde je učestvovao u izradi brojnih projekata drumskih saobraćajnica u zemlji i inostranstvu. Od 2021. godine zaposlen je na Akademiji tehničko-vaspitačkih strukovnih studija u Nišu. Član je inženjerske komore Srbije. Posедуje licencu odgovornog projektanta drumskih saobraćajnica.



IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem da je doktorska disertacija, pod naslovom
**„Algoritam za određivanje tipa i pozicije biciklističkih površina u okviru profila
postojećih gradskih saobraćajnica“**

koja je odbranjena na Građevinsko – arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu:

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da ovu disertaciju, ni u celini, niti u delovima, nisam prijavljivao na drugim fakultetima, niti univerzitetima;
- da nisam povredio autorska prava, niti zloupotrebio intelektualnu svojinu drugih lica .

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci, koji su u vezi sa autorstvom i dobijanjem akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada, i to u katalogu Biblioteke, Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Nišu, kao i u publikacijama Univerziteta u Nišu.

U Nišu, _____

Potpis autora disertacije:



Dušan D. Kocić



IZJAVA O ISTOVETNOSTI ELEKTRONSKOG I ŠTAMPANOG OBLIKA DOKTORSKE DISERTACIJE

Naslov disertacije: „**Algoritam za određivanje tipa i pozicije biciklističkih površina u okviru profila postojećih gradskih saobraćajnica**“

Izjavljujem da je elektronski oblik moje doktorske disertacije, koju sam predao za unošenje u **Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu**, istovetan štampanom obliku.

U Nišu, _____

Potpis autora disertacije:

Dušan D. Kocić



IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Nikola Tesla“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu unese moju doktorsku disertaciju, pod naslovom:

**„Algoritam za određivanje tipa i pozicije biciklističkih površina u okviru profila
postojećih gradskih saobraćajnica“**

Disertaciju sa svim prilogima predao/la sam u elektronskom obliku, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju, unetu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu, mogu koristiti svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerade (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

U Nišu, _____

Potpis autora disertacije:


Dušan D. Kocić