

Varijantna rješenja dvokolosiječne željezničke pruge za teretni promet Horvati - Zaprešić

Tomc, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:086886>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-09**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Antonio Tomc

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

**VARIJANTNA RJEŠENJA DVOKOLOSJEČNE ŽELJEZNIČKE PRUGE
ZA TERETNI PROMET HORVATI - ZAPREŠIĆ**

Diplomant: **Antonio Tomc**
Mentor: **Izv.prof.dr.sc. Maja Ahac**

Zagreb, 2023.



TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Antonio Tomc**

JMBAG: **0082054252**

Diplomski rad iz predmeta: **Projektiranje i građenje željeznica**

Naslov teme
diplomskog rada:

HR	Varijantna rješenja dvokolosiječne željezničke pruge za teretni promet Horvati - Zaprešić
ENG	Variant solutions for double track freight railway line Horvati - Zaprešić

Opis teme diplomskog rada:

U radu je potrebno istražiti prostorne i tehničke mogućnosti polaganja trase te izraditi i usporediti varijantna rješenja dvokolosiječne pruge za teretni promet na dionici Horvati - Zaprešić. Kolosiječna geometrija mora biti projektirana u skladu s normom HRN EN 13803-2017 i Zakonom o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava. Pri izradi rješenja potrebno je uzeti u obzir zahtjeve interoperabilnosti za teretni promet, smanjenja utjecaja željezničkog prometa na naseljena područja i područja visokovrijednih krajobraza te načina križanja pruge s postojećom i planiranom infrastrukturom. Razrađena rješenja potrebno je valorizirati obzirom na mjerodavne otpore pruge, procijenjene trošakove investicije i učinak na prirodni i izgrađeni okoliš.

Datum: **17.04.2023.**

Komentor: **Saša Ahac**

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **Maja Ahac**

(Ime i prezime mentora)

Ahac

(Potpis mentora)

Zahvaljujem se mentorici Izv.prof.dr.sc. Maji Ahac na stručnoj pomoći, vodstvu i strpljenju koji su mi pomogli pri pisanju ovoga rada.

Diplomant:	Antonio Tomc
Diplomski rad iz kolegija:	Projektiranje i građenje željeznica
Akadska godina:	2022./2023.

Sažetak

U diplomskom radu su na razini prethodne studije razrađena tri varijantna rješenja obilazne pruge Grada Zagreba, na dionici Horvati - Zaprešić. Ova nova dvokolosiječna elektrificirana željeznička pruga je namijenjena prometu isključivo teretnih vlakova duljine 750 m, najvećom brzinom od 120 km/h, uz ograničenje ukupnih specifičnih otpora pruge na najviše 6 daN/t. Za izradu rješenja korišten je računalni program Bentley Power Rail Track, a kao podloge korištene su topografske karte i digitalni model terena područja. Pri polaganju osi pruge uzeli su se u obzir zahtjevi interoperabilnosti za izgradnju nove međunarodne pruge za teretni promet te za smanjenjem utjecaja željezničkog prometa na naseljena područja i područja visokovrijednih krajobraza. Križanja nove pruge i postojećih autocesta i pruga riješena su u dvije razine. Nakon zadavanja horizontalne i vertikalne geometrije trase, definirani su elementi poprečnog presjeka te je generiran 3D trup pruge. Ukupna duljina predloženih varijanti trasa iznosi 21.0, 20.8 i 21.77 kilometara. Za razrađena tri varijantna rješenja dani su situacijski, uzdužni i poprečni prikazi trase i priključaka na postojeće pruge M101 DG – S. Marof – Zagreb i M202 Zagreb – Rijeka te su utvrđeni mjerodavni otpori pruge, procijenjeni troškovi investicije i učinak izgradnje pruge na prirodni i izgrađeni okoliš.

Ključne riječi: obilazna pruga, teretni promet, grad Zagreb, varijante, vrednovanje

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Postojeće stanje	4
2.1. Infrastruktura	4
2.2. Kapacitet i iskorištenost željezničkih pruga	8
3. Planirano stanje	11
3.1. Projektni uvjeti i zahtjevi	12
3.2. Uvažene preporuke za trasiranje	16
3.3. Ograničenja vezana za zaštitu okoliša i krajobraza – razvoj rješenja	18
3.4. Koncepti razrade varijantnih rješenja	21
4. Tehnički opis trase	22
4.1. Horizontalni elementi	22
Varijanta 1	22
Varijanta 2	24
Varijanta 3	26
4.2. Vertikalni elementi	27
Varijanta 1	27
Varijanta 2	28
Varijanta 3	28
4.3. Elementi poprečnog presjeka	29
4.4. Objekti na trasi	30
Varijanta 1	30
Varijanta 2	30
Varijanta 3	31
4.5. Spojne pruge čvora Horvati	32
5. Otpori pruge	34
6. Proračun investicijskih troškova	36
7. Zaključak	43
Literatura	46
Prilozi	48

Popis Slika:

Slika 1. Područje željezničkog čvora Zagreb.....	1
Slika 2. Rješenje željezničkog čvora Zagreb – shema razdiobe prometa.....	2
Slika 3. Područje željezničkog čvora u odnosu na Grad Zagreb.....	3
Slika 4. TEN-T koridori.....	5
Slika 5. Željeznički teretni koridori EU.....	5
Slika 6. Koridori za željeznički teretni prijevoz željezničkog čvora Zagreb.....	6
Slika 7. Vrste pruga s obzirom na broj kolosijeka.....	7
Slika 8. Distribucija maksimalne brzine putovanja na željezničkim dionicama u Gradu Zagrebu i okolici.....	8
Slika 9. Ukupan dnevni broj teretnih vlakova (lijevo) i ukupan dnevni broj vlakova (desno) radnim danom u 2014. godini.....	9
Slika 10. Korištenje i namjena prostora na širem području željezničkog čvora Zagreb.....	11
Slika 11. Područje ekološke mreže.....	18
Slika 12. Lijevo - Crvenokljuna čigra (Sterna hirundo), desno - Hrastova strizibuba (Cerambyx cerdo).....	19
Slika 13. Šljunčara Rakitje.....	19
Slika 14. Stupnički lug.....	19
Slika 15. Predložena prilagodba trase pruge.....	20
Slika 16. Slobodni profil GC.....	29
Slika 17. Shema skretnice HŽS.G1.405 s pripadajućim dimenzijama.....	32

Popis Tablica:

Tablica 1. Pruge i pripadajući koridori čvora grada Zagreba.....	6
Tablica 2. Propusna moć, njena iskorištenost i prijevozna moć dionica pruga čvora Zagreb i priključnih pruga.....	9
Tablica 3. Broj otpremljenih putnika u tisućama po županijama u razdoblju od 2015-2018. godine.....	10
Tablica 4. Broj otpremljenih putnika na pet najprometnijih kolodvora i stajališta čvora	10
Tablica 5. Parametri tehničke izvedbe prema TSI-ju, kategorije IV-F (nova pruga osnovne mreže).....	13
Tablica 6. Izračunate vrijednosti elemenata trase varijante 1.....	24
Tablica 7. Izračunate vrijednosti elemenata trase varijante 2.....	25
Tablica 8. Izračunate vrijednosti elemenata trase varijante 3.....	27
Tablica 9. Vrste križanja i stacionaže varijanta 1.....	30
Tablica 10. Objekti na trasi varijanta 1.....	30
Tablica 11. Vrste križanja i stacionaže varijanta 2.....	31
Tablica 12. Objekti na trasi varijanta 2.....	31
Tablica 13. Vrste križanja i stacionaže varijanta 3	31
Tablica 14. Objekti na trasi varijanta 3.....	32
Tablica 15. Naziv i dužine spojnih pruga varijante 1.....	33
Tablica 16. Naziv i dužine spojnih pruga varijanti 2 i 3.....	33
Tablica 17. Otpori pruge varijante 1.....	35
Tablica 18. Otpori pruge varijante 2.....	35
Tablica 19. Otpori pruge varijante 3.....	35
Tablica 20. Proračun investicijskih troškova obilazne pruge – Varijanta 1.....	38
Tablica 21. Proračun investicijskih troškova obilazne pruge – Varijanta 2.....	39
Tablica 22. Proračun investicijskih troškova obilazne pruge – Varijanta 3.....	40
Tablica 23. Procijenjeni investicijski troškovi spojnih pruga - Varijanta 1.....	41
Tablica 24. Procijenjeni investicijski troškovi spojnih pruga - Varijanta 2 i 3.....	42
Tablica 25. Usporedba osnovnih karakteristika varijantnih rješenja.....	44

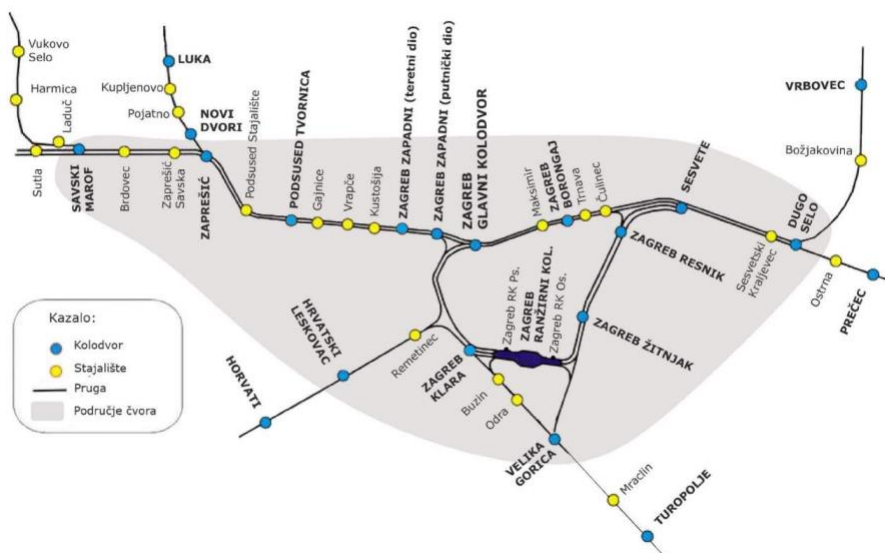
Popis Priloga:

1. Pregledna situacija, M 1:25 000
2. Situacija pruge varijantnih rješenja, M 1:10000
 - 2.1.1 od stacionaže 0+000.00 do stacionaže 11+000.00
 - 2.1.2 od stacionaže 11+000.00 do stacionaže 21+000.00
 - 2.2.1 od stacionaže 0+000.00 do stacionaže 11+238.65
 - 2.2.2 od stacionaže 11+238.65 do stacionaže 20+799.74
 - 2.3.1 od stacionaže 0+000.00 do stacionaže 8+070.63
 - 2.3.2 od stacionaže 8+070.63 do stacionaže 21+773.70
3. Uzdužni presjek pruge varijantnih rješenja i spojnih pruga, M 1:10 000/1000
 - 3.1.1 od stacionaže 0+000.00 do stacionaže 12+400.00
 - 3.1.2 od stacionaže 12+400.00 do stacionaže 21+000.00
 - 3.1.3 spojnih pruga varijante 1
 - 3.1.4 spojnih pruga varijante 1
 - 3.2.1 od stacionaže 0+000.00 do stacionaže 10+486.80
 - 3.2.2 od stacionaže 10+486.80 do stacionaže 20+799.74
 - 3.2.3 spojnih pruga varijante 2
 - 3.2.4 spojnih pruga varijante 2
 - 3.3.1 od stacionaže 0+000.00 do stacionaže 10+600.00
 - 3.3.2 od stacionaže 10+600.00 do stacionaže 21+773.70
 - 3.3.3 spojnih pruga varijante 3
 - 3.3.4 spojnih pruga varijante 3
4. Normalni poprečni presjeci dvokolosiječne pruge, M 1:100

1. Uvod

Nagli razvoj cestovne prometne mreže i povećanje prometa osobnim automobilima te nizak stupanj iskorištenja osobnih automobila uzrokuju značajne probleme u svakodnevnom funkcioniranju grada, a očituju se kroz povećana prometna zagušenja u cestovnom prometu, smanjenje razine mobilnosti, povećanje emisije štetnih plinova, buke, vibracija i drugih negativnih čimbenika na zdravlje ljudi i okoliš. Stoga se sve više ističe potreba za značajnijim povećanjem sudjelovanja javnog prijevoza putnika u svakodnevnom prijevozu stanovnika, u što pripada i željeznički promet. Budući da Grad Zagreb sa svojom bližom okolicom predstavlja najveću urbanu strukturu na području Republike Hrvatske, na tom području je vrlo izražena potreba za učinkovitim javnim gradskim i prigradskim putničkim i teretnim prometom [1].

Istraživanje navika putovanja stanovništva Grada Zagreba i Zagrebačke županije, provedeno u sklopu izrade [2], pokazuje da se na području Grada Zagreba 40 % svih putovanja obavi javnim prijevozom od čega se čak 55 % putovanja obavi tramvajem, 36 % putovanja obavlja autobusom, dok se željeznicom obavi svega 4 % putovanja. Prema nalazima, obzirom na razgranatost željezničkog čvora Zagreb koji se proteže širim područjem grada (Slika 1.) te činjenice da se srednji dijelovi dionica tog čvora pružaju kroz samo središte grada, postoji veliki potencijal za integraciju željezničke s postojećom dobro razvijenom tramvajskom i autobusnom mrežom javnog prometa [2].

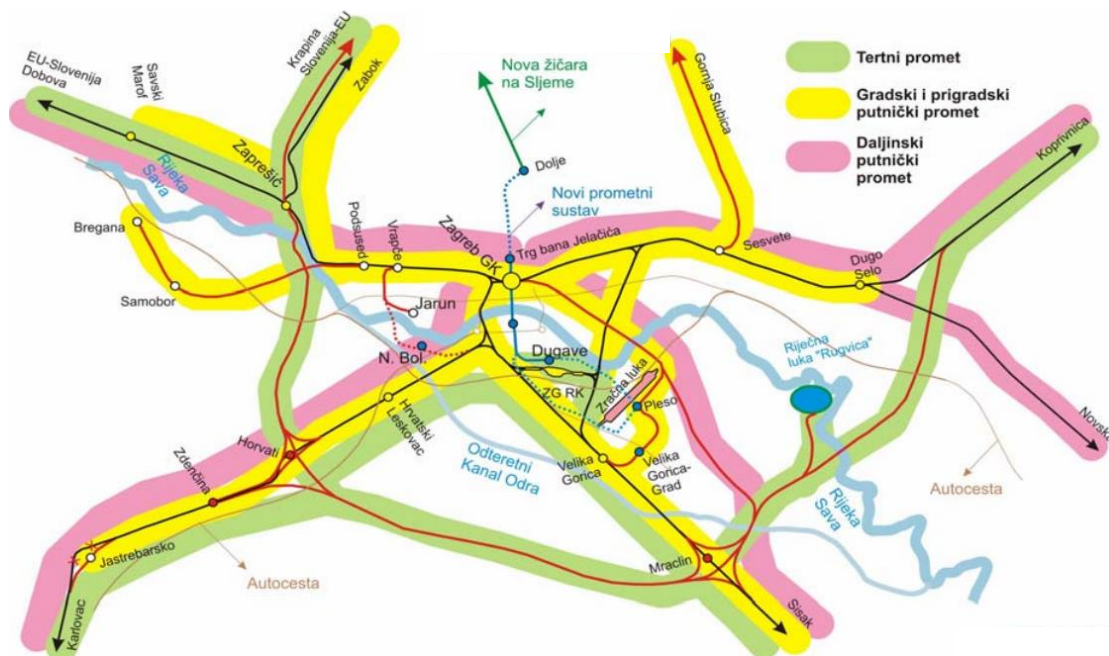


Slika 1. Područje željezničkog čvora Zagreb [3]

Unaprjeđenju infrastrukture i povećanju kapaciteta putničkog prometa u željezničkom čvoru Zagreb danas na putu stoji teretni promet koji se njime odvija. Zagrebački je željeznički čvor najveći i najznačajniji teretni željeznički čvor u Republici Hrvatskoj kojim se obavlja prijevoz čak 9 % ukupne količine prevezenog tereta u Republici Hrvatskoj [2]. S druge strane,

posljednje provedene projekcije ukazuju da će u narednom razdoblju na području Grada Zagreba doći do daljnjeg povećanja putničkog prometa, ali i smanjenja teretnog prometa, uz istodoban značajan porast željezničkog teretnog prometa u Zagrebačkoj županiji. Kako u ostalim vrstama prijevoza tako i u željeznici najbolja propusna i prijevozna moć pruga postižu se razdvajanjem teretnog od putničkog prometa. To ukazuje na nužnu redistribuciju teretnog prometa izvan centralne urbanizirane zone Grada Zagreba. Time će se stvoriti nove mogućnosti za ulaganja u putničku infrastrukturu [4], ali i smanjiti štetni utjecaju teretnog željezničkog prometa na stanovništvo Grada.

Kao rješenje unaprjeđenja željezničkog čvora Zagreb prije 15 godina predložena je izgradnja dvokolosiječne obilazne pruge namijenjene isključivo za teretni promet. Pri tom se dao prijedlog trase obilazne pruge prikazan na Slici 2. [5].



Slika 2. Rješenje željezničkog čvora Zagreb – shema razdiobe prometa [5]

Trasu planirane obilazne pruge prema navedenom prijedlogu moguće je podijeliti na tri dionice, gledajući u smjeru od istoka prema zapadu željezničkog čvora Zagreb:

- Brckovljani-Mraclin,
- Mraclin-Horvati i
- Horvati-Zaprešić

U ovom diplomskom radu razrađena su tri varijantna rješenja izgradnje nove dvokolosiječne elektrificirane pruge na dionici Horvati – Zaprešić koja se nastavlja na idejno rješenje ove dionice obilazne pruge razrađeno u diplomskom radu kolege Gabrijele Matića (Obilazna

željeznička pruga grada Zagreba za teretni promet: dionica Horvati-Zaprešić., Ahac, Maja (mentor); Zagreb, Hrvatska: Građevinski fakultet, Zagreb, 2022.)

Rad je podijeljen u 7 poglavlja. Uvodno poglavlje obuhvaća opis željezničkog prometa u okolici Zagreba i uvodi u temu rada. Poglavljem Postojeće stanje detaljnije se opisuje postojeća željeznička infrastruktura čvora Zagreb, njezin teretni i putnički promet. U navedenom poglavlju je objašnjen kapacitet i iskoristivost čvora u postojećem stanju. Projektni uvjeti i zahtjevi su zajedno sa preporukama za trasiranje dionice prikazani u poglavlju Planirano stanje. U poglavlju Tehnički opis opisani su primijenjeni horizontalni elementi, vertikalni elementi, elementi poprečnog profila i dan je opis rješenja trase u zonama križanja s postojećim prugama M202 Zagreb-Rijeka (čvor Horvati). Peto poglavlje opisuje teoriju otpora na prugama i prikazuje podatke proračunane za razrađenu dionicu pruge. Proračun investicijskih troškova opisan je u šestom poglavlju. Sedmo poglavlje zaključuje rad.

2. Postojeće stanje

2.1. Infrastruktura

U ovom poglavlju opisana je postojeća željeznička infrastruktura čvora Zagreb (Slika 3.). Zagrebački željeznički čvor predstavlja centar željezničke mreže pruga u Republici Hrvatskoj a kojima upravlja HŽ Infrastruktura (HŽI).



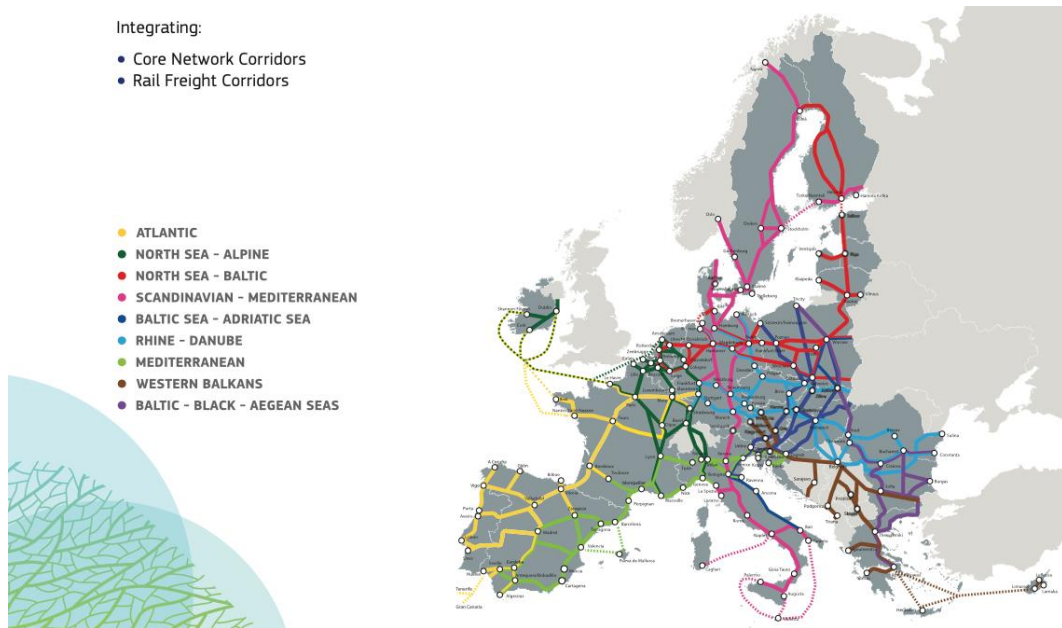
Slika 3. Područje željezničkog čvora u odnosu na Grad Zagreb [6]

Čvor povezuje jugozapadni i južni dio priobalne mreže pruga sa sjevernim i istočnim kontinentalnim dijelom. Pored toga, željeznički čvor Zagreb ima iznimno značajnu ulogu jer se nalazi na sjecištu nacionalnih, unutarnjih željezničkih koridora u Republici Hrvatskoj:

- RH1 (državna granica – Savski Marof – Zagreb – Dugo Selo – Novska – Vinkovci – Tovarnik – državna granica) i
- RH2 (državna granica – Botovo – Koprivnica – Dugo Selo –Zagreb – Karlovac – Rijeka – Šapjane – državna granica).

Osim unutarnjih željezničkih koridora u Republici Hrvatskoj, željeznička infrastruktura čvora Zagreb pripada:

- Mediteranskom koridoru osnovne TEN-T mreže - prema Uredbi 1315/2013, te Delegiranoj Uredbi Komisije (EU) 2017/849 od 7. prosinca 2016. o izmjeni Uredbe (EU) BR.1315/2013 - jednom od devet koridora osnovne mreže definiranih u Prilogu Uredbe o instrumentu za povezivanje Europe – CEF (Slika 4.), kao i
- Međunarodnim željezničkim teretnim koridorima: Mediteranskom Rail Freight Corridor RFC 6 i Rail Freight Corridor RFC10 Alpe – Zapadni Balkan (Slika 5.)



Slika 4. TEN-T koridori [6]



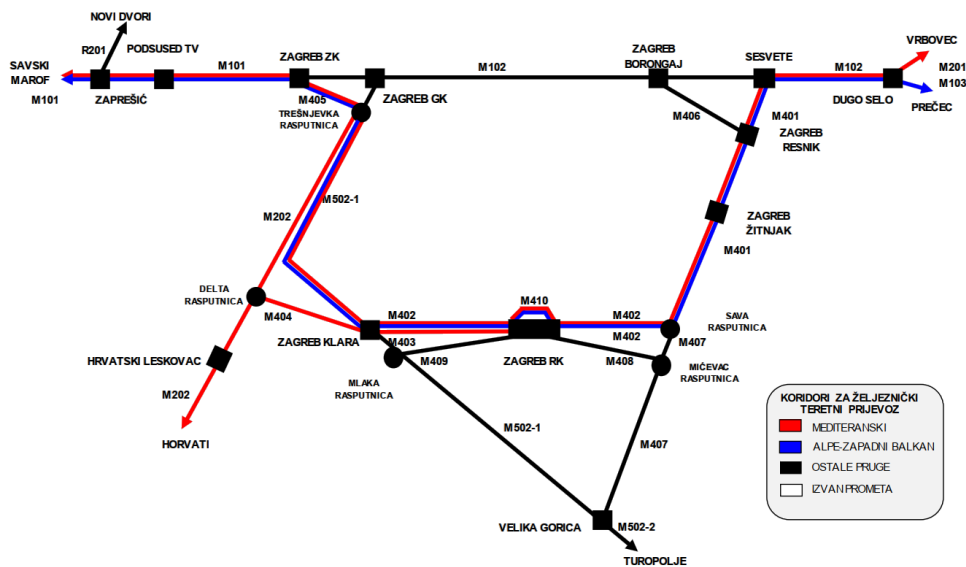
Slika 5. Željeznički teretni koridori EU [6]

U Tablici 1. i na Slici 6. prikazane su pruge i pripadajući željeznički koridori zagrebačkog čvora. Ukupna duljina pruga u čvoru iznosi 105 km, a od toga je 60 km dvokolosiječnih [1]. Najveći dio postojećih željezničkih pruga u željezničkom čvoru Zagreb pripada Mediteranskom koridoru.

Tablica 1. Pruge i pripadajući koridori čvora grada Zagreba [7]

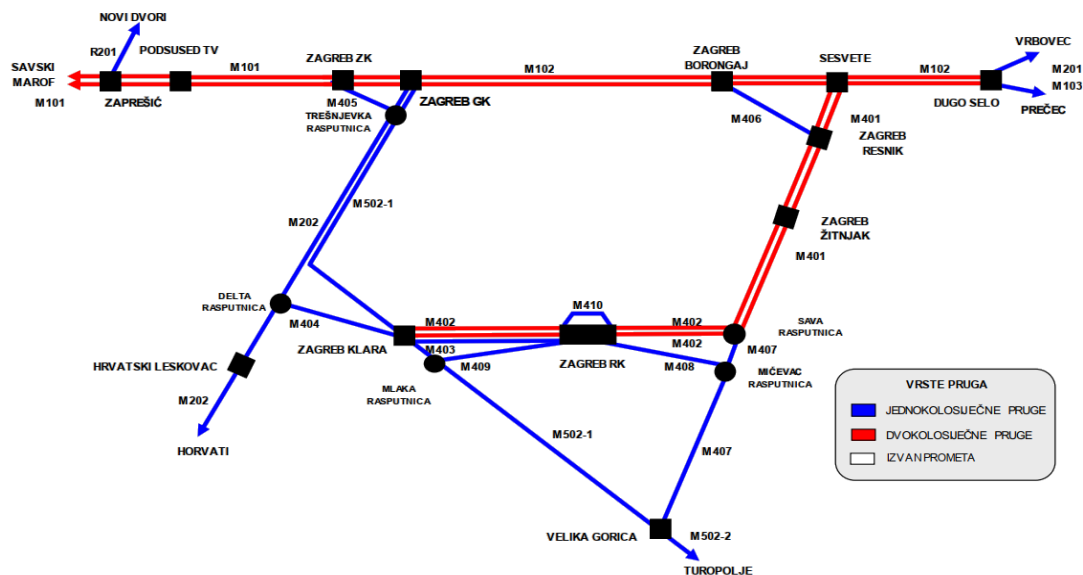
Oznaka pruge	Puni naziv željezničke pruge	Skrraćeni naziv željezničke pruge	Pripadnost koridoru * [Uredba]	Građevinska duljina pruge (km)
M101	(Dobova) – Državna granica – Savski Marof – Zagreb Glavni kolodvor	DG – S. Marof – Zagreb Gk	OSN, MED, RFC6, RFC10, RH1	2 x 26,733
M102	Zagreb Glavni kolodvor – Dugo Selo	Zagreb Gk – Dugo Selo	OSN, MED, RFC6, RFC 10, RH1, RH2	2 x 21,198
M103	Dugo Selo – Novska	Dugo Selo – Novska	OSN, RFC 10, RH1	83,405
M401	Sesvete – Sava rasputnica	Sesvete – Sava	OSN, MED, RFC6, RFC 10	2 x 11,090
M402	Sava rasputnica – Zagreb Ranžirni kolodvor – Zagreb Klara	Sava – Zagreb Klara	OSN, MED, RFC6, RFC 10	2 x 6,677
M407	Sava rasputnica – Velika Gorica	Sava – Velika Gorica	OSN	6,295
M502	Zagreb Glavni kolodvor – Velika Gorica	Zagreb Gk – Velika Gorica	OSN, MED, RFC6, RFC 10	14,048

* Napomena:
 OSN – Osnovna TEN-T mreža
 MED – Mediteranski koridor osnovne mreže
 RFC6 – Mediteranski željeznički teretni koridor
 RFC10 – željeznički teretni koridor Alpe-zapadni Balkan
 RH1, RH2, RH3 – Unutarnji željeznički koridori u Republici Hrvatskoj



Slika 6. Koridori za željeznički teretni prijevoz željezničkog čvora Zagreb [6]

Polovica pruga na području čvora je jednokolosiječna, dok je dvokolosiječna pruga izgrađena na dionicama koje prolaze kroz centar Grada Zagreba i protežu se u smjeru istok – zapad (M101 Zagreb – Zaprešić – Savski Marof – državna granica i M102 Zagreb – Dugo Selo). Dvokolosiječna pruga izgrađena je na istočnom dijelu čvora u smjeru sjever-jug (M401 Sesvete – Mičevac rasputnica) i na južnom dijelu čvora (M402 Sava rasputnica – Zagreb Ranžirni kolodvor – Zagreb Klara).



Slika 7. Vrste pruga s obzirom na broj kolosijeka [6]

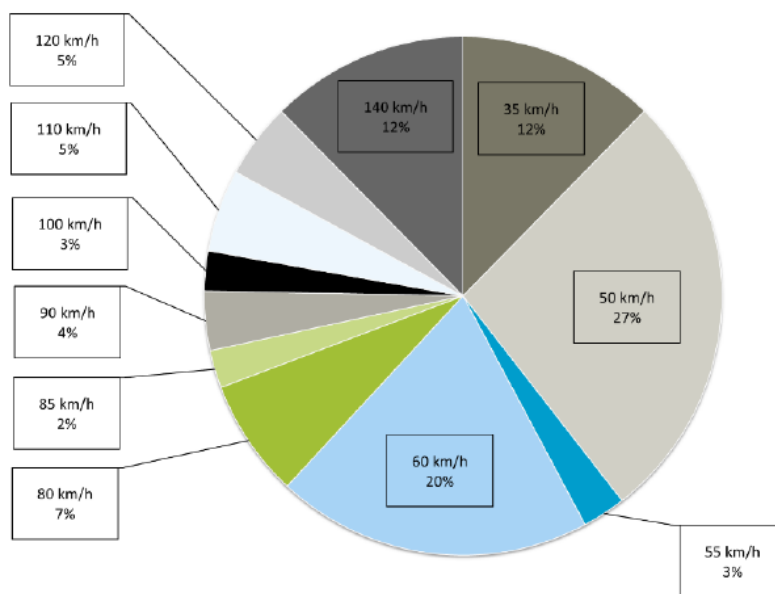
Na području čvora nalazi se 14 željezničkih kolodvora, kao što je prikazano na Slici 7., (Savski Marof, Zaprešić, Podsused Tvornica, Zagreb Zapadni, Zagreb Glavni kolodvor, Zagreb Borongaj, Sesvete, Dugo Selo, Hrvatski Leskovac, Zagreb Klara, Velika Gorica, Zagreb Resnik, Zagreb Žitnjak). Svi kolodvori su osigurani kolodvorskim relejnim signalno sigurnosnim uređajima, osim kolodvora Zagreb Glavni kolodvor koji je osiguran elektroničkim uređajem. Kabelska TK infrastruktura (pružni i lokalni telekomunikacijski kabeli s bakrenim vodičima) položena je duž pruge i u kolodvorima svih željezničkih pruga u čvoru [1].

Na području željezničkog čvora Zagreb izgrađeno je nekoliko logističkih terminala za robni, odnosno teretni promet. Po svojoj se važnosti izdvajaju robni terminali Jankomir i Žitnjak koji integriraju terminale za cestovni i željeznički promet. Također postoji i nekoliko željezničkih terminala značajnih za teretni promet, a najznačajniji su Zagreb Zapadni kolodvor s kontejnerskim terminalom Vrapče, kolodvor Podsused Tvornica, Zagreb Žitnjak. Na području željezničkog čvora Zagreb nalazi se i najveći ranžirni kolodvor u državi (Zagreb Ranžirni kolodvor) [2].

Zajednička obilježja postojećih željezničkih pruga u željezničkom čvoru Zagreb su [1]:

- mjerodavni otpor pruge do najviše 6 daN/t;
- dopuštena masa željezničkih vozila D4 (22,5 t/o i 8,0 t/m);
- slobodni profil GC (pretežno) ili GB;
- profil za kombinirani prijevoz PC 80/410;
- elektrifikacija izmjeničnim sustavom 25 kV, 50 Hz.

Projektirana kolosiječna geometrija na postojećim željezničkim prugama u željezničkom čvoru Zagreb omogućuje najveće brzine vlakova od 75 do 120 km/h, ali su one na većini pružnih dionica u čvoru smanjene na 35 do 80 km/h, i to uglavnom zbog dotrajalosti pružnog gornjeg ustroja [1]. Prosječna brzina vožnje je prilično niska, a osobito prilikom ulaska i izlaska iz kolodvora čiji su pristupni elementi perona na istoj razini. Prema Studiji razvoja željezničkog čvora Zagreb (2016.) i procjeni podataka o maksimalnim brzinama željezničkih dionica u Gradu Zagrebu i okolici kao što je prikazano na Slici 8., utvrđeno je da su najčešće brzine putovanja od 50 km/h i 60 km/h nakon kojih slijede putovanja brzinom 140 km/h i 35 km/h [2].



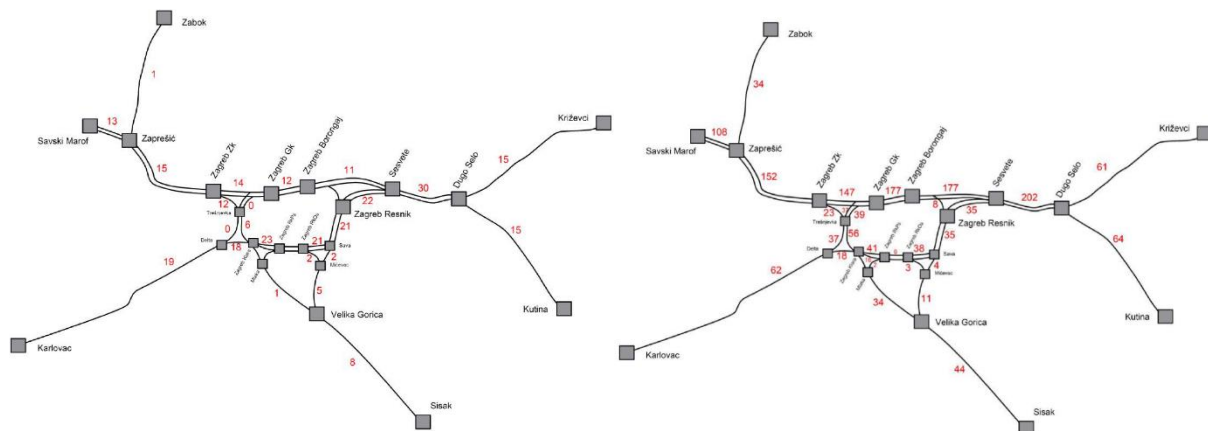
Slika 8. Distribucija maksimalne brzine putovanja na željezničkim dionicama u Gradu Zagrebu i okolici [2]

2.2. Kapacitet i iskorištenost željezničkih pruga

U Studiji razvoja željezničkog čvora Zagreb (2016) izračunati su podaci o kapacitetima pojedinih dionica zagrebačkog željezničkog čvora. Vrlo visoku propusnu moć imaju dionice Sesevete – Dugo Selo (83%), Zagreb Gk – Sesevete (73 %) i Zagreb Gk – Trešnjevka – Zagreb Klara (72 %). Što se tiče priključnih dionica, najveća propusna moć utvrđena je za dionice Dugo Selo-Križevci (94 %), Dugo Selo – Kutina/Novska (85 %) i Delta – Karlovac (79 %) Prijevozna moć je prikazana u Tablici 2., s podacima o prijevozu putnika na dionicama s mješovitim prometom te također podacima o prijevozu tereta izraženim u neto i bruto tonama. Na Slici 12. dan je grafički prikaz ukupnog dnevnog broja teretnih vlakova i ukupan dnevni broj vlakova radnim danom u 2014. godini [3].

Tablica 2. Propusna moć, njena iskorištenost i prijevozna moć dionica pruga čvora Zagreb i priključnih pruga [3]

Dionica pruga	Propusna moć pruge (broj vlakova/dan)			Ukupan broj vlakova godišnje	Iskorištenost propusne moći	Godišnja prijevozna moć u 10 ⁶		
	dvokol.		jednokol.			putnika	tereta	
	po smjeru	ukupno					neto tona	bruto tona
Savski Marof-Zaprešić	115	230		108	47	3,5	19,8	40,7
Zaprešić-Zagreb Zk	115	230		152	66	8,7	12,2	25,3
Zagreb Zk-Zagreb Gk	115	230		147	64	8,7	11,4	24,4
Zagreb Gk-Sesvete	122	244		177	73	10,4	10,5	22,5
Sesvete-Dugo Selo	122	244		202	83	-	12	24,4
Sesvete-Save	107	214		35	16	-	33,6	67,6
Sava/Mičevac-Zagreb Rk (os) (S + J kol.)	95	190		37	19	-	26,1	52,8
Zagreb Rk (os)-Zagreb Rk (ps) (S + J kol.)	95	190		38	20	-	26,1	52,8
Zagreb Rk (ps)-Zagreb Klara (S + J kol.)	95	190		41	22	-	25,6	52,0
Zagreb Rk (ps)-Zagreb Klara (K) - Delta			40	18	45	-	5,3	10,4
Zagreb Gk-Trešnjevka (S)-Zagreb Klara			78	56	72	1,2	3,2	7,0
Zagreb Klara-Velika Gorica			86	34	40	1,2	7,6	15,6
Zagreb Gk-Trešnjevka (R)-Delta			54	37	69	1,5	2,8	5,6
Zagreb Zk-Trešnjevka- Zagreb Klara-Rk			55	23	42	-	4,9	11,0
Mičevac-Velika Gorica			69	11	16	-	10,9	21,7
Zaprešić-Zabok			61	34	56	1,1	1,6	3,6



Slika 9. Ukupan dnevni broj teretnih vlakova (lijevo) i ukupan dnevni broj vlakova (desno) radnim danom u 2014. godini [3]

S obzirom na razgranatu mrežu željezničkog prometa na širem području Grada Zagreba, znatan dio putnika koristi upravo željeznički promet u svrhu svakodnevnih putovanja koja se uglavnom odnose na putovanja na posao, u školu ili na fakultet te putovanja u slobodno vrijeme. To je vidljivo prema broju putnika u željezničkom prometu na godišnjoj razini. Iz Tablice 3. je moguće zamijetiti kako je na promatranom području čvora prisutan stalan rast putnika u željezničkom prometu [2].

Tablica 3. Broj otpremljenih putnika u tisućama po županijama u razdoblju od 2015-2018.godine [2].

Županija	2015.	2016.	2017.	2018.
Grad Zagreb	4.155	4.650	4.914	5.142
Zagrebačka županija	3.308	3.181	3.477	3.511

Najveći broj prevezenih putnika u području zabilježen je na području grada Zagreba kao što je prikazano u Tablici 4. U Zagrebu se pritom kao najprometniji ističe Glavni kolodvor, iza kojeg sa znatno manjim brojem prevezenih putnika slijede kolodvori Sesvete i Zapadni kolodvor te stajališta Vrapče i Maksimir. U Zagrebačkoj županiji se kao najprometniji ističu kolodvori Dugo Selo, Zaprešić, Savski Marof, Ivanić Grad te stajalište Zaprešić Savska. Sva su navedena službena mjesta željezničkog prometa veći urbani i radni centri u blizini Zagreba, koji su povezani češćim linijama na dnevnoj bazi [2].

Tablica 4. Broj otpremljenih putnika na pet najprometnijih kolodvora i stajališta čvora [2].

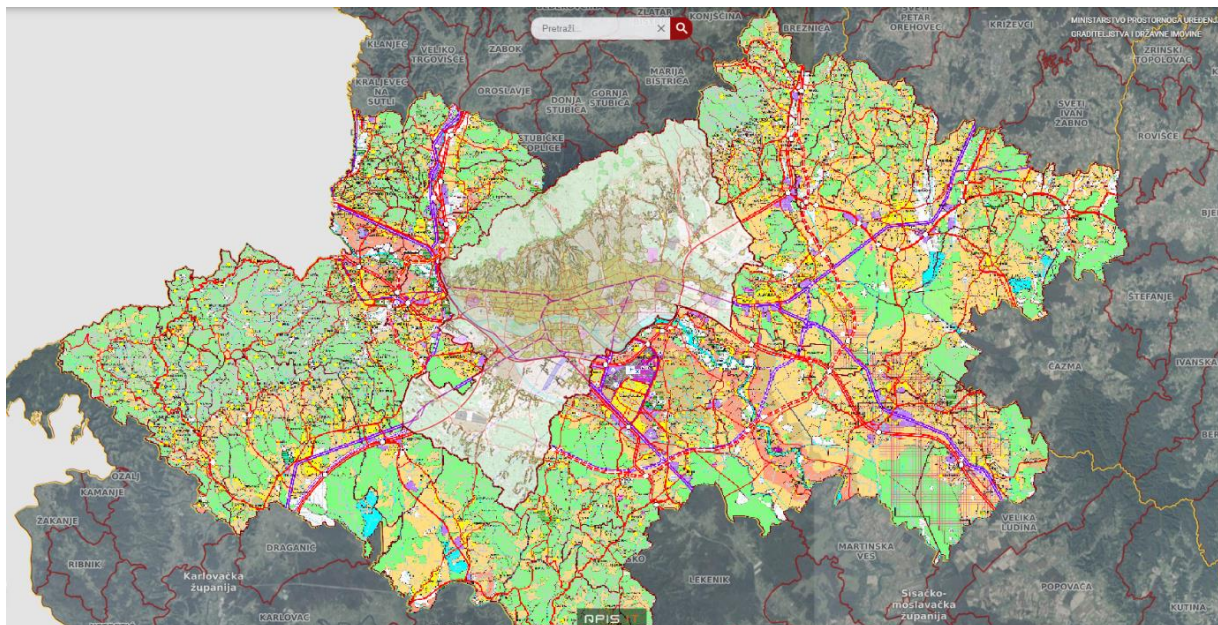
Službeno mjesto	Broj vlakova koji prolaze službenim mjestom	Prosječan broj putnika dnevno
Zagreb Glavni Kolodvor	202	26.600
Sesvete	128	4.400
Zagreb Zapadni Kolodvor	116	3.500
Vrapče	114	2.900
Maksimir	128	2.400
Dugo Selo	130	4.900
Zaprešić	116	2.000
Savski Marof	81	1.500
Ivanić Grad	29	1.300
Zaprešić Savska	81	1.100

U identičnom razdoblju, količina prevezenog tereta se u željezničkom prometu znatno smanjila. Količina utovarene robe ukazuje na znatno smanjenje u razdoblju 2010. –2018. g. za 54.2 %, dok je količina istovarene robe smanjena u razdoblju 2009. –2017. g. za 12.6 %. Valja naglasiti kako je evidentiran izniman porast u istovaru tereta u Zagrebačkoj županiji za čak 19.7 % [4].

Iako pojedine dionice čvora i trenutačno imaju veliku mogućnost iskorištenosti kapaciteta, teretni promet koji u postojećem stanju čvora ulazi duboko u centar grada Zagreba zauzima kapacitet željezničke mreže koji bi se mogao iskoristiti za putnički promet [2].

3. Planirano stanje

Rješenje izgradnje nove dvokolosiječne pruge koja bi bila namijenjena isključivo za teretni promet i obilazila današnji željeznički čvor Zagreb s njegove južne strane uvršteno je u prostorne planove grada Zagreba i Zagrebačke županije (Slika 13. – ljubičasta linija).



Slika 10. Korištenje i namjena prostora na širem području željezničkog čvora Zagreb [8]

Prostornim planom Grada Zagreba (PPGZ) [9] regulirano je cjelokupno uređenje prostora grada Zagreba pa tako i prometa koji se odvija u tom području. Određene su površine za gradnju i uređenje prometne infrastrukture i objekata. U sklopu poglavlja „Prometni infrastrukturni sustavi“ određeni su prostori za gradnju i rekonstrukciju prometne infrastrukture za željeznički, cestovni i zračni promet državnog i županijskog značaja te gradskog značaja u obliku koridora, površina i planskih znakova za prometne građevine te uvjeti za gradnju parkirališta i garaža. U okviru željezničkog prometa planirane su sljedeće aktivnosti:

- dogradnja mreže potrebne za uključivanje u međunarodne prometne koridore s ciljem modernizacije zagrebačkog željezničkog čvora,
- razdvajanje teretnog i putničkog prometa,
- osposobljavanje željezničke mreže za daljnje uključivanje u sustav javnog gradskog i prigradskog prijevoza putnika,
- denivelacija križanja u kritičnim dijelovima,
- gradnja novih terminala i stajališta.

Ovim je planom trasu nove obilazne pruge predviđeno voditi uz postojeće autoceste A2 i A3 (takozvanu obilaznicu Grada Zagreba) od rasputnice Klara prema zapadu, s južne strane općine Sveta Klara, dalje sjevernom obalom kanala Odra te u nastavku južnom obalom rijeke Save sjeverno od naselja Rakitje do Zaprešića.

Prostorni plan Zagrebačke županije (PPZZ) [9] u sklopu poglavlja „Uvjeti utvrđivanja prometnih i drugih infrastrukturnih sustava u prostoru“ određuju osnovni funkcionalni, prostorni i ekološki uvjeti za planiranje prometnih i drugih infrastrukturnih sustava. U navedenom poglavlju se unutar potpoglavlja „Prometni sustavi“ na razini plansko-usmjeravajućeg značenja utvrđuje osnovni položaj prometnih sustava na prostoru Zagrebačke županije u odnosu na prometnu ulogu, razmještaj naselja, vrijednosti i zaštitu prostora za glavne cestovne prometne pravce, cestovne granične prijelaze, željezničke prometne pravce, zračne luke i letjelišta te riječni promet. Na postojećim trasama željezničkih pruga dozvoljena je rekonstrukcija dionica pruge u svrhu poboljšanja prometno-tehničkih elemenata. Kod sigurnosti željezničkog i cestovnog prometa istaknuto je također da sva križanja željezničkih pruga s autocestama, državnim i županijskim cestama trebaju biti izvedena u dvije razine. Ovim je planom trasu nove obilazne pruge predviđeno voditi s istoka od naselja Brckovljani (Božjakovina), južno prema Rugvici do Turopolja i naselja Mraclin. Zatim bi se trasa pruge vodila prema zapadu paralelno s trasom novoplanirane autoceste, sve do granice Zagrebačke županije i Grada Zagreba. Nastavak pruge sa zapadne strane protezao bi se od Rakovog potoka, sa zapadne strane Rakitja do južne obale rijeke Save uz koju bi se nastavio pružati sve do Zaprešića.

Pri analizi prostorno-planske dokumentacije uočeno je da se trase obilazne pruge dane u navedenim dokumentima ne podudaraju (ne nastavljaju preko granica županije odnosno grada). Prema [5], rješenje trase obilazne pruge za teretni promet koje je uključeno u postojeći PPGZ datira iz vremena od prije trideset godina te danas više ne zadovoljava nove prometne i razvojne zahtjeve. Obilazna pruga preblizu je gradu, a prolazi vodozaštitnim područjem, što traži zahtjevnija, kompliciranija i skuplja rješenja za koja nije sigurno je li njihova realizacija tehnički moguća. S druge strane, PPZZ-om su istaknuti uvjeti utvrđivanja prometnih i drugih infrastrukturnih sustava u prostoru. Tako je za planiranje prometnih i infrastrukturnih koridora istaknuta važnost zajedničkih koridora te vođenja računa o racionalnom korištenju prostora.

3.1. Projektni uvjeti i zahtjevi

U Tablici 5. prikazani su parametri koji određuju razinu tehničke izvedbe nove pruge osnovne mreže TEN-T namijenjene isključivo za teretni promet prema Tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost (TSI) [10].

Tablica 5. Parametri tehničke izvedbe prema TSI-ju, kategorije IV-F (nova pruga osnovne mreže) [10]

Kategorija pruge	Slobodni profil pruge	Osovinsko opterećenje (t)	Brzina pruge (km/h)	Duljina vlaka (m)
IV-F	GC	25	140	750

Prema Tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost (TSI) [10] dopuštena je izgradnja novih i moderniziranih pruga koje će također biti prilagođene većim slobodnim profilima pruga, većim osovinskim opterećenjima, većim brzinama i duljim vlakovima od navedenih. Na određenim mjestima na pruzi dopušteno je projektiranje za brzine vlaka i/ili duljine vlakova manjih od onih utvrđenih u tablici gdje je to opravdano radi ograničenja zbog zemljopisnih i prostorno planskih uvjeta, ili uvjeta zaštite okoliša.

Prema Studiji razvoja čvora [1] koja predviđa izgradnju obilazne pruge za teretni promet predviđeno je da na novim pružnim dionicama projektirana građevinska brzina iznosi od 100 km/h do 120 km/h ovisno o funkciji i položaju željezničke pruge u čvoru, uz moguća ograničenja u urbaniziranim područjima uvjetovana plansko-urbanističkim razlozima ali ne manje od 80 km/h. Projektirana građevinska brzina na priključnim kolosijecima kojima se željeznička pruga priključuje na druge željezničke pruge (na mjestima križanja željezničkih pruga) treba iznositi $V = 65$ km/h, uz moguća ograničenja u urbaniziranim područjima uvjetovana plansko-urbanističkim razlozima, ali ne manja od 40 km/h. Projektirana brzina teretnih vlakova, ovisno o vrsti tereta, iznosi 80 km/h do 120 km/h.

Prema Pravilniku o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge [11] i prema i prema Tehničkim specifikacijama za interoperabilnost u vezi s "građevinskim" podsustavom transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava [10] definirani su sljedeći projektni zahtjevi za trasu pruge:

- Slobodni profil pruge

Slobodni profil pruge određuje se ovisno o vrsti, namjeni kolosijeka te profilu željezničkoga vozila. U obzir uzima vodoravna i uspravna pomicanja tih vozila u pokretu, odstupanja geometrije kolosijeka, položaj kolosijeka u održavanju, sigurnosni razmak i minimalnu udaljenost od kontaktnoga vodiča na elektrificiranom kolosijeku. Na kolosijeku u horizontalnoj krivini te kolosijek s nadvišenjem, mora se proširiti, nadvisiti ili spustiti. Proširivanje, nadvisivanje i spuštavanje slobodnoga profila određuje se ovisno o radijusu horizontalnog luka i nadvišenju. U slobodni profil, osim kontaktnoga vodiča i dijelova kontaktne mreže, ne smiju se ugrađivati, postavljati i u njega zadirati građevine, postrojenja, uređaji, signali, signalne oznake, naslage materijala i ostali predmeti. U posebnim slučajevima, prilikom izgradnje, rekonstrukcije, obnove i sanacija željezničkih pruga, privremeni predmeti (podgrade, skele)

smiju uz primjenu posebnih mjera sigurnosti zadirati u slobodni profil, ali pod uvjetom da ne zadiru u minimalni slobodni profil. Na kolosijecima namijenjenim za utovar i istovar tereta, postrojenja i uređaji za utovar i istovar smiju zadirati u slobodni profil, ali samo pod uvjetom da ne zadiru u minimalni slobodni profil, onda ako se takvi kolosijeci rabe samo za navedene namjene. S obzirom na tražene uvijete interoperabilnosti, na novoj obilaznoj pruzi mora biti zadovoljen slobodni profil GC.

- Osni razmak između osi kolosijeka

Osni razmak između osi kolosijeka određuje se na temelju prethodno određenog slobodnog profila pruge. Također ovisi o položaju kolosijeka (otvorena pruga, kolodvor, tunel, most), polumjeru horizontalnog luka, nadvišenju na vanjskom kolosijeku u krivini, dopuštenoj brzini, prostoru potrebnom za postavljanje ili ugradnju postrojenja, uređaja, signala, perona i drugih predmeta između kolosijeka, te potrebama tehnološkoga procesa rada. Osni razmak između kolosijeka na otvorenoj pruzi, uključujući i osni razmak između kolosijeka paralelnih željezničkih pruga, mora iznositi minimalno 4.00 m, a na željezničkoj pruzi namijenjenoj samo za prigradski i gradski putnički promet 3.80 m. Osni razmak između kolosijeka u kolodvoru ne smije biti manji od 4.50 m, osim između radioničkih, pretovarnih i sličnih sporednih kolosijeka. Osni razmak između kolosijeka, na području gdje je između njih smješten peron, ne smije biti manji od 6.00 m. Proračunati osni razmak ne smije biti manji od 4.00 m.[11] Prema potrebi za najmanji razmak između osi kolosijeka također se u obzir uzimaju aerodinamični učinci [10].

- Maksimalne vrijednosti nagiba

Uzdužni nagib kolosijeka na otvorenoj pruzi novosagrađenih željezničkih pruga odnosno novosagrađenih dijelova željezničkih pruga od značaja za međunarodni i regionalni promet namijenjenih mješovitom i teretnom prometu, ne smije biti veći od 12.5 mm/m za glavne kolosijেকে. Za dionice do 3 km dopušten je najveći nagib od 20 mm/m. Za dionice do 0.5 km dopušten je najveći nagib od 35 mm/m na mjestima gdje nije predviđeno zaustavljanje i kretanje pri uobičajenim uvjetima vožnje. Uzdužni nagib kolosijeka u kolodvoru i otpremništvu ne smije biti veći od 2.5 mm/m, osim na kolosijecima namijenjenim samo za sastavljanje i rastavljanje vlakova pomoću sile teže. Iznimno, ministarstvo nadležno za promet, ovisno o namjeni kolodvora, odobrava da uzdužni nagib kolosijeka u kolodvoru bude veći od 2.5 mm/m i određuje posebne uvjete i mjere za siguran tijek prometa u takvim kolodvorima. Prema potrebi se određuju posebni uvjeti i mjere za siguran tijek prometa i za kolodvore i otpremništva gdje je uzdužni nagib veći od 1 mm/m, a manji ili jednak 2.5 mm/m. Prigodom izgradnje novih kolosijeka i rekonstrukcije postojećih kolosijeka u postojećim kolodvorima na željezničkim prugama u uporabi, uzdužni nagib tih kolosijeka može biti i veći od 2.5 mm/m, ali se postojeći uzdužni nagib ne smije povećavati. Za dionice do 3 km dopušten je najveći nagib od 20 mm/m.

Za dionice do 0.5 km dopušten je najveći nagib od 35 mm/m na mjestima gdje nije predviđeno zaustavljanje i kretanje pri uobičajenim uvjetima vožnje.

- Najmanji polumjer luka horizontalnih krivina

Pri izboru najmanjeg projektiranog polumjera vodoravno luka potrebno je voditi računa o lokalnoj projektiranoj brzini luka. Polumjer vodoravnoga luka mora svojom veličinom, ovisno o dopuštenoj brzini, nadvišenju kolosijeka i konstrukciji željezničkih vozila, omogućiti siguran prolazak tih vozila po kolosijeku u vodoravnom luku. Na novosagrađenim, nadograđenim i/ili rekonstruiranim željezničkim prugama polumjer vodoravnoga kružnog luka ne smije biti manji od: 250 m, na otvorenoj pruzi i glavnim prolaznim kolosijecima u kolodvorima na željezničkim prugama od značaja za međunarodni promet i željezničkim prugama od značaja za regionalni promet. Pri izboru najmanjeg projektiranog polumjera vodoravnog luka potrebno je voditi računa o lokalnoj projektiranoj brzini luka:

$$R_{\min} = \left(\frac{V_{\max}}{4.6} \right)^2, \text{ za dionice bez nadvišenja}$$

$$R_{\min} = 7,1 * \frac{V_{\max}^2}{h_{\text{norm}}}, \text{ za dionice s nadvišenjem i brzinom većom od 120 km/h,}$$

gdje je:

R_{\min} – minimalni polumjer horizontalne krivine [m]

V_{\max} – najveća dozvoljena brzina prometovanja [km/h]

h_{norm} – normalno nadvišenje vanjske tračnice u krivini [mm]

- Minimalni polumjer okomitih krivina

Ako je razlika između uzdužnih nagiba veća od 2 mm/m na mjestu promjene uzdužnoga nagiba izvodi se zaobljavanje uporabom uspravnoga kružnog luka. Polumjer uspravnoga kružnog luka određuje se ovisno o dopuštenoj brzini, namjeni željezničke pruge, položaju uspravnoga kružnog luka te kriterijima udobnosti, u skladu s uvjetima prema posebnim propisima kojima se uređuje građevinski infrastrukturni podsustav. Polumjer vertikalne krivine određuje se kao

$$\rho = V^2,$$

gdje je V projektna brzina u km/h i ne smije biti manji od 2000 m, na otvorenoj pruzi, glavnim prolaznim i prijamno-otpremnim kolosijecima u kolodvorima.

- Nadvišenje u horizontalnoj krivini

U vodoravnim lukovima s nadvišenjem, nadvišenje se izvodi tako da se vanjska tračnica kolosijeka u horizontalnoj krivini nadvisuje u odnosu na unutarju tračnicu. Veličina nadvišenja ovisi o polumjeru vodoravnoga luka, dopuštenoj brzini, svojstvima pružnoga gornjeg ustroja, konstrukciji željezničkih vozila, vrsti tereta i načinu njegova učvršćivanja na željezničkom vozilu. Za dionice s nadvišenjem i brzinom do 120 km/h vrijedi:

$$h_{\text{norm}} = 7,1 * \frac{V_{\text{max}}^2}{R_{\text{min}}},$$

gdje je:

R_{min} – minimalni polumjer horizontalne krivine [m]

V_{max} – najveća dozvoljena brzina prometovanja [km/h]

h_{norm} – normalno nadvišenje vanjske tračnice u krivini [mm]

Projektirano nadvišenje vanjske tračnice kolosijeka u vodoravnom kružnom luku ne smije biti veće od 150 mm, ni manje od 20 mm. Nadvišenje vanjske tračnice kolosijeka u vodoravnom kružnom luku na željezničkim prugama u uporabi ne smije biti veće od 180 mm. Promjena nadvišenja vanjske tračnice kolosijeka u vodoravnom luku mora biti kontinuirana i izvedena prijelaznom rampom nadvisivanja. Nagib prijelazne rampe nadvisivanja određuje se ovisno o dopuštenoj brzini u vodoravnom luku, veličini nadvišenja i duljini prijelazne rampe nadvisivanja, a ne smije biti veći od 1:400, niti manji od 1:2000.

- Duljina prijelaznice

Promjena smjera kolosijeka iz pravca u vodoravni kružni luk, iz jednoga vodoravnoga kružnog luka u drugi suprotnoga smjera i iz jednoga vodoravnoga kružnog luka u drugi istoga smjera ali različitoga polumjera, mora biti kontinuirana. Zbog ublažavanja udara i osiguranja kontinuiranosti vožnje, između pravca i krivine ubacuje se prijelazna krivina promjenjive zakrivljenosti koja postupno mijenja polumjer. Duljina prijelazne krivine jednaka je duljini prijelazne rampe za nadvišenje, a njena vrijednost se računa prema izrazu:

$$L_{\text{min}} = \frac{n * h_{\text{od}}}{1000} \text{ [m]},$$

gdje je:

$n = 10 * V$, nagib prijelazne rampe, od najviše 400 do najmanje 2000

h_{od} – odabrana vrijednost normalnog nadvišenja

3.2. Uvažene preporuke za trasiranje

Osnovni element osi trase pruge u tlocrtu je pravac, no različite zapreke prisiljavaju projektanta da skrene od pravca na jednu ili drugu stranu. Stoga se s ciljem zaobilazanja topografskih i geoloških prepreka primjenjuju horizontalne krivine. Prilikom projektiranja potrebno je uskladiti geometrijsko rješenje trase u prostoru s konkretnim uvjetima na terenu. Tok i položaj trase pruge u najvećoj mjeri ovisi o fizičkoj geografiji predjela preko kojeg prolazi. Od važnijih faktora koji utječu na izbor trase valja izdvojiti sljedeće:

- Duljina trase
- Količina građevinskih radova
- Troškovi građenja i eksploatacije

Svako varijantno rješenje trase trebalo bi osigurati racionalni odnos navedenih čimbenika. Primjenom kružnih lukova smanjuje se količina građevinskih radova, osigurava se stabilnost trupa te objekata na pruzi. Primjenom manjih polumjera povećava se ukupna duljina pruge čime se postiže povoljnije visinsko vođenje trase, ali se istovremeno povećavaju troškovi izgradnje gornjeg ustroja pruge. Iako najmanji dozvoljeni polumjer horizontalne krivine ovisi o kategoriji pruge tj. projektiranoj građevinskoj brzini, poželjno je uvažiti sljedeće preporuke o primjeni najmanjih polumjera ovisno o konfiguraciji terena. Za ravničarski teren te prosječan nagib od 0-20 ‰, preporučuje se $R_{\min} = 1000 \text{ m}$ [12].

Mirnoća hoda vozila koja definira udobnost vožnje ovisi o osiguranju minimalnih duljina tlocrtnih elemenata osi pruge. Tako je pri polaganju osi trase na otvorene pruge potrebno osigurati dužinu čistog kružnog luka od minimalno

$L_k [\text{m}] = V_{\max} [\text{km/h}] / 2 \geq 20 \text{ m}$ u slučaju pruga za međunarodni promet,

dok minimalna potrebna dužina međupravca između susjednih krivina iznosi

$m [\text{m}] = V_{\max} [\text{km/h}] / 5$ u normalnim uvjetima.

Pri odabiru lokacije za smještaj prijeloma nivelete duž trase, potrebno je prijelom nivelete postaviti na dijelu trase u pravcu. Prijelom nivelete u krivini dopušta se samo u slučajevima teških terenskih uvjeta pri čemu se prijelom mora nalaziti na dijelu čistog kružnog luka. Prijelom nivelete u prijelaznoj krivini nije dozvoljen jer bi u tom slučaju geometrija kolosijeka bila iznimno složena te skupa za održavanje. Prilikom polaganja nivelete (uzdužnog profila) pruge potrebno je nastojati da odsječci nivelete određenog nagiba budu što veće duljine. Udaljenost između dva prijeloma nivelete ne bi trebala biti kraća od polovine duljine vlaka (u ovom slučaju 375 m), te nikako kraća od 300 m. Također je potrebno težiti da je razlika između susjednih nagiba što manja, po mogućnosti manja od 2 mm/m ako se želi izbjeći polaganje vertikalnih krivina.

Koncept i način rješavanja križanja željezničke pruge s drugim prometnicama je sljedeći. Na novim željezničkim prugama izvedba križanja u dvije razine mora biti predviđena na križanju željezničke pruge s drugim željezničkim prugama, autocestama, državnim cestama, županijskim cestama, brzim gradskim cestama i drugim gradskim cestama. Pri projektiranju podvožnjaka ili nadvožnjaka potrebno je primijeniti sve uvjete propisane važećim propisima i prostornim planovima (ako su dani u prostorno planskoj dokumentaciji). Pri projektiranju rekonstrukcije postojećih cesta na području novosagrađenih križanja sa željezničkom prugom

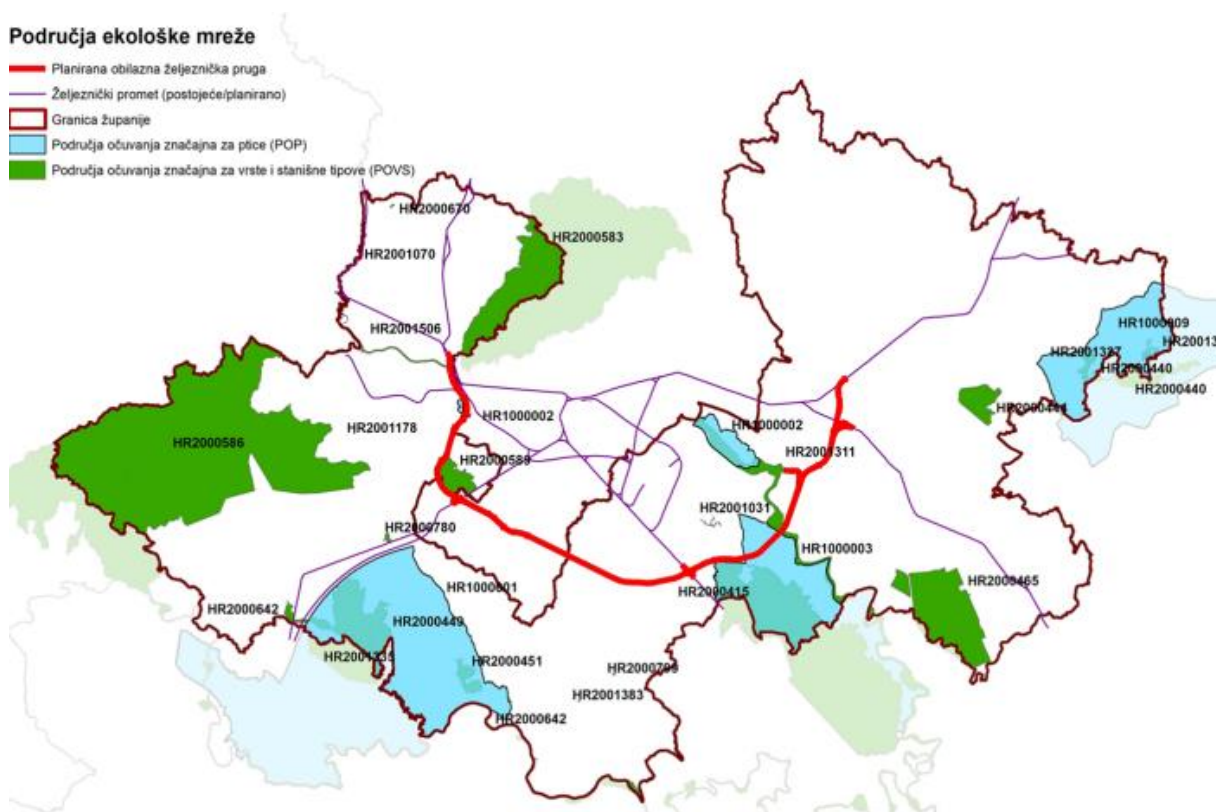
izvan razine, moraju se postići tehničko-uporabni uvjeti u skladu s važećim propisima za ceste istoga ranga, koji nisu lošiji od onih na postojećim cestama koje se svode ili rekonstruiraju [1].

3.3. Ograničenja vezana za zaštitu okoliša i krajobraza – razvoj rješenja

Planiranjem obilazne željezničke pruge grada Zagreba u prostornom planu Zagrebačke županije (PPZŽ) zaključeno je da se planirana trasa na dionici Horvati – Zaprešić dana u trenutno važećem planu treba prilagoditi radi prolaska trase kroz područja Ekološke mreže.

Trasa pruge prolazi kroz 6 područja Ekološke mreže ili u neposrednoj blizini:

1. HR1000002 Sava kod Hrušćice sa šljunčarom Rakitje,
2. HR1000003 Turopolje (POP),
3. HR2001506 Sava uzvodno od Zagreba,
4. HR2000589 Stupnički lug,
5. HR200415 Odransko polje,
6. HR2001311 Sava nizvodno od Hrušćice (POVS).



Slika 11. Područje ekološke mreže [13]

Trasa dionice Horvati - Zaprešić prolazi kroz dva područja Ekološke mreže:

- HR1000002 Sava kod Hrušćice sa šljunčarom Rakitje i

- HR2000589 Stupnički lug.

Na području Save kod Hrušćice sa šljunčarom Rakitje gnijezdi se cca 50 parova crvenokljunih čigri (*Sterna hirundo*), dok se na području Stupničkog luga nalaze staništa subatlantske i srednjoeuropske hrastove i hrastovo-grabove šume (*Carpinion betuli*) i stanište rijetke zaštićene vrste hrastova strizibuba (*Cerambyx cerdo*).



Slika 12. Lijevo - Crvenokljuna čigra (*Sterna hirundo*) [14], desno - Hrastova strizibuba (*Cerambyx cerdo*) [15]



Slika 13. Šljunčara Rakitje [16]



Slika 14. Stupnički lug [17]

Strateškom studijom utjecaja na okoliš te glavnom ocjenom prihvatljivosti za okolišnu mrežu [13], predložene su mjere ublažavanja negativnih utjecaja na ekološku mrežu za svaki novo planirani zahvat s ciljem očuvanja bogatstva vrsta i staništa Zagrebačke županije. Kao jedna od mjera predloženo je izmještanje koridora novoplanirane obilazne pruge na dionici Horvati – Zaprešić, prema slici niže. Plavom bojom naznačena je trasa pruge koja odstupa od one definirane važećom prostorno-prometnom dokumentacijom s ciljem očuvanja bogatstva vrsta i staništa. Crvenom bojom naznačena je trasa planirane autoceste.



Slika 15. Predložena prilagodba trase pruge [13]

3.4. Koncepti razrade varijantnih rješenja

Slike 10 i 15 bile su polazište za razradu varijantnih rješenja u ovom radu:

- Varijanta 1 - trasa će u najvećoj mjeri biti prilagođena trenutno važećoj prostorno-planskoj dokumentaciji Županije te će prolaziti kroz područja ekološke mreže i vrlo blizu naselja te dalje koridorom između autoceste AC2 i rijeke Save se priključiti na prugu M101 neposredno uz današnje željezničko stajalište Zaprešić Savska.
- Varijanta 2 - trasa će u najvećoj mjeri biti prilagođena pružanju na slici 15 prikazane plave linije prometnog koridora koji nastoji u najvećoj mjeri izbjeći negativan utjecaj izgradnje nove pruge na ekološku mrežu područja. Trasa će u ovoj varijanti prolaziti južno od autoceste A2 kako bi se umanjio broj konflikata između željezničkog i cestovnog sustava.
- Varijanta 3 - trasa će u najvećoj mjeri biti prilagođena pružanju na slici 15 prikazane crvene linije prometnog koridora. U ovoj je varijanti zamišljeno da će se pruga pružati paralelno sa novoplaniranom autocestom u najvećoj mogućoj duljini, budući da je Prostornim planom Zagrebačke županije istaknuta važnost zajedničkih prometnih i infrastrukturnih koridora te vođenja računa o racionalnom korištenju prostora. Na ovaj bi se način tj. dijeljenjem koridora u promatranom području, u najvećoj mogućoj mjeri izbjegli štetni učinci prometa na okoliš.

4. Tehnički opis trase

Projektnim zadatkom zadana je izrada prethodne studije trase dvokolosiječne željezničke pruge Horvati - Zaprešić. Trasa željezničke pruge je namijenjena odvijanju teretnog prometa najvećom brzinom vlakova od $V_{\max}=120$ km/h, uz predviđenu maksimalnu duljinu vlakova od 750 m. Najveći dopušteni uzdužni nagib na budućoj trasi iznosi 6 ‰, prema uvjetu da ukupni otpori na budućoj trasi ne smiju prelaziti 6 daN/t što je vrijednost najvećeg otpora pruge na današnjem željezničkom čvoru Zagreb.

Za izradu tri projektna rješenja korišten je specijalizirani računalni program Bentley Power Rail Track, a kao podloge korištene su topografska karta područja te digitalni model terena u mjerilu 1 : 25.000. U računalnom programu prvo je zadana horizontalna i vertikalna geometrija trase, a potom su odabrani elementi i mjerodavni poprečni presjeci. Nakon toga je izvršeno superponiranje tlocrtne, vertikalne i poprečne dimenzije pruge čime je u konačnici dobiven 3D trup pruge.

U daljnjim poglavljima će biti opisani horizontalni, vertikalni i elementi poprečnog presjeka trasa te će biti dan popis predviđenih objekata. Uz navedeno također će biti opisane spojne pruge za odvajanje i spajanje teretnog prometa na mjestima križanja s postojećim željeznicama.

4.1. Horizontalni elementi

Za zadanu maksimalnu brzinu $V_{\max}=120$ km/h izračunati su elementi trase:

- minimalni polumjer luka koji se može primijeniti - $R_{\min} = 680$ m,
- normalno nadvišenje vanjske tračnice u krivini (za brzinu V_{\max} i izračunati R_{\min}) – $h_{od}=150$ mm,
- minimalna dužina pravolinijske rampe nadvišenja (za brzinu V_{\max} i prethodnu odabranu vrijednost nadvišenja h_{od}) – $L_{\min} = 180$ m,
- nagib prijelazne rampe nadvišenja $n = 1200$.

Varijanta 1

Pri polaganju osi pruge vodilo se računa o postojećim objektima, vodotocima, cestovnoj i željezničkoj infrastrukturi te planiranoj trasi dionice obilazne pruge Horvati - Zaprešić na koju se razmatrana dionica nastavlja prema dionici Horvati – Mraclin.

Polaganje trase započelo je odvojkom u Zaprešiću, preciznije uz današnje stajalište Zaprešić Sava, gdje su zbog blizine kolodvora, naselja i postojeće izgradnje, korištene su horizontalne krivine standardnih skretnica, u iznosima većima od tražene minimalne vrijednosti polumjera luka tj. 680 m. Budući da je riječ o skretničkoj liri i zoni kolodvora, predviđena je izvedba lukova

bez nadvišenja, kroz koje je brzina vlakova u skretanju ograničena na 80 km/h. Ipak ovakve skretnice osiguravaju prolazak ravno kroz skretnicu na pruzi M101 brzinom od najviše 200 km/h.

Nakon odvajanja od kolodvora Zaprešić, trasa pruge vođena je južnom obalom rijeke Save, između nasipa rijeke i autoceste AC2 (zagrebačke obilaznice). Neposredno prije čvora Jankomir pruga naglo mijenja svoj smjer i vodi se zapadno od autoceste AC3. Na ovom se dijelu nije mogla položiti os trase bez primjene krivina polumjera manjih od minimalnog za brzinu 120 km/h. Zbog primjene polumjera iznosa 500 metara, na ovom je dijelu trase potrebno smanjiti brzinu na 100 km/h.

Kod izlaza Rakitje trasa pruge prelazi autocestu AC3 i skreće prema istoku. I na ovoj je lokaciji zbog postojeće izgradnje bilo potrebno primijeniti veća ograničenja polumjera i brzine. Tako je ovdje primijenjen polumjer iznosa 300 m koji zahtijeva smanjenje brzine vožnje na 75 km/h. Navedena smanjenja polumjera i brzina su u skladu s preporučenim iznosima brzina teretnih vlakova od 75 do 120 km/h prema [5].

Nakon prelaska AC3 trasa pruge u situaciji vođena je kroz područje Stupničkog luga tj. prema naselju Horvati uz primjenu tlocrtnih elemenata koji u potpunosti zadovoljavaju traženu brzinu od 120 km/h. Kraj mjesta Horvati dolazi do križanja teretne obilaznice s postojećom prugom M202 Zagreb-Rijeka (čvor Horvati), pri izradi varijantnog rješenja predviđene su i 4 spojne pruge koje omogućuju prelazak vlakova s postojeće pruge M202 i planirane teretne obilaznice.

U Tablici 6. prikazani su izračunati elementi trase gdje su:

- V_{max} maksimalna brzina vlaka u [km/h],
- V_p projektna brzina vlaka u [km/h],
- R_{od} odabrani polumjer krivine u [m],
- h_{nor} proračunata vrijednost nadvišenja vanjske tračnice u [mm],
- $h_{nor,od}$ odabrano nadvišenje vanjske tračnice u [mm],
- n najstrmiji nagib,
- L_{min} minimalna dužina pravolinijske rampe u [m],
- $L_{min,od}$ odabrana dužina pravolinijske rampe u [m],
- D_{min} minimalna dužina kružnog luka u [m] i
- m_{min} minimalna potrebna dužina međupravca između susjednih krivina u [m].

Duž čitave trase ispoštovane su minimalne potrebne duljine kružnih lukova i međupravaca između susjednih krivina za odabranu (ograničenu ili projektnu) brzinu.

Ukupna duljina položene trase iznosi 21.00 kilometara. Prikaz horizontalnih elemenata trase dan je u grafičkim prilogima 2.1.1-2.3.2 Situacija trase (MJ. 1 : 10 000).

Tablica 6. Izračunate vrijednosti elemenata trase Varijante 1

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2	Krivina 3	Krivina 4	Krivina 5	Krivina 6
Vmax [km/h]	159	145	121	145	178	102
Vp [km/h]	120	120	120	120	120	100
Rod [m]	1200	1000	700	1000	1500	500
h _{nor} [mm]	85	102	146	102	68	142
h _{nor,od} [mm]	90	105	150	105	70	145
n	1200	1200	1200	1200	1200	1000
L _{min} [m]	108	126	180	126	84	145
L _{min,od} [m]	0	130	180	126	84	175
D _{min} [m]	60	60	60	60	60	50
m _{min} [m]	24	24	24	24	24	20
Odabrane vrijednosti	Krivina 7	Krivina 8	Krivina 9	Krivina 10	Krivina 11	Krivina 12
Vmax [km/h]	102	145	79	178	145	178
Vp [km/h]	100	100	75	120	120	120
Rod [m]	500	1000	300	1500	1000	1500
h _{nor} [mm]	142	71	133	68	102	68
h _{nor,od} [mm]	145	75	135	70	105	70
n	1000	1000	750	1200	1200	1200
L _{min} [m]	145	75	101	84	126	84
L _{min,od} [m]	175	90	185	84	126	85
D _{min} [m]	50	50	38	60	60	60
m _{min} [m]	20	20	15	24	24	24

Varijanta 2

Ova varijanta trase podrazumijeva blago izmještanje dijelova varijante 1 u smislu eliminiranja horizontalnih krivina i povećavanje polumjera krivina na najmanje 700 m (kako bi se mogla postići brzina vožnje od 120 km/h) uz pokušaj zadržavanja tlocrtnih pozicija postojećih objekata (cestovnih prijelaza, nadvožnjaka, podvožnjaka, mostova) pri poštivanju predloženih izmjena trase kroz područja ekološke mreže.

U odnosu na vođenje trase u varijanti 1 južnom obalom rijeke Save, između nasipa rijeke i autoceste AC2 (zagrebačke obilaznice), trasa u varijanti 2 je vođena istočno od autoceste AC2 čime se izbjeglo križanje teretne obilazne pruge i autoceste kraj čvora Jankomir. Također se na području Stupničkog luga trasa pruge vodila tako da se u što većoj mjeri izbjegne prolazak kroz sam Stupnički lug kako je i predloženo u [13].

Kao i kod varijante 1 kod mjesta Horvati dolazi do križanja postojeće pruge M202 i teretne obilaznice gdje su predviđene 4 spojne pruge koje bi omogućile neometano prometovanje između susjednih pruga.

U Tablici 7. prikazani su izračunati elementi trase gdje su:

- V_{max} maksimalna brzina vlaka u [km/h],
- V_p projektna brzina vlaka u [km/h],
- R_{od} odabrani polumjer krivine u [m],
- h_{nor} proračunata vrijednost nadvišenja vanjske tračnice u [mm],
- $h_{nor,od}$ odabrano nadvišenje vanjske tračnice u [mm],
- n najstrmiji nagib,
- L_{min} minimalna dužina pravolinijske rampe u [m],
- $L_{min,od}$ odabrana dužina pravolinijske rampe u [m],
- D_{min} minimalna dužina kružnog luka u [m] i
- m_{min} minimalna potrebna dužina međupravca između susjednih krivina u [m].

Tablica 7. Izračunate vrijednosti elemenata trase Varijante 2

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2	Krivina 3	Krivina 4	Krivina 5
V_{max} [km/h]	159	145	121	145	178
V_p [km/h]	120	120	120	120	120
R_{od} [m]	1200	1000	700	1000	1500
h_{nor} [mm]	85	102	146	102	68
$h_{nor,od}$ [mm]	90	105	150	105	70
n	1200	1200	1200	1200	1200
L_{min} [m]	108	126	180	126	84
$L_{min,od}$ [m]	0	130	185	130	85
D_{min} [m]	60	60	60	60	60
m_{min} [m]	24	24	24	24	24
Odabrane vrijednosti	Krivina 6	Krivina 7	Krivina 8	Krivina 9	Krivina 10
V_{max} [km/h]	121	121	138	121	121
V_p [km/h]	120	120	120	120	120
R_{od} [m]	700	700	900	700	700
h_{nor} [mm]	146	146	114	146	146
$h_{nor,od}$ [mm]	150	150	115	150	150
n	1200	1200	1200	1200	1200
L_{min} [m]	180	180	138	180	180
$L_{min,od}$ [m]	185	185	140	185	185
D_{min} [m]	60	60	60	60	60
m_{min} [m]	24	24	24	24	24

Varijanta 3

U slučaju ove varijante dolazi do značajne izmjene u horizontalnom pružanju odnosno veće izmještanje osi pruge s obzirom na trase varijante 1 i 2. U ovoj je varijanti zamišljeno da će se pruga pružati paralelno sa novoplaniranom autocestom u najvećoj mogućoj duljini.

Pri postavljanu trase korištene su krivine minimalnog polumjera 700 m što omogućuje brzinu vožnje od 120 km/h. Trasa počinje kao i prethodne dvije kod Zaprešića ali u ovom slučaju prije samog kolodvora naglo skreće jugoistočno predviđenom krivinom radijusa 700 m prema mjestu Domaslovec. Nakon toga trasa se vodi preko Zaprešićkog jezera preko kojeg je predviđena izgradnja mosta duljine 444.34 m. Dio trase od Zaprešićkog jezera do mjesta Domaslovec nalazi se u pravcu nakon čega trasa skreće na jug predviđenom krivinom radijusa 700 m prema mjestu Svetonedeljski Breg.

Područje Svetonedeljskog Brega je brdsko područje koje se zbog zadržavanja potrebne projektne brzine ne zaobilazi već je kroz to područje trasa vođena baznim tunelom. Na stacionaži 9+553.40 km nalazi se ulazni portal u tunel Svetonedeljski Breg 1 koji je dug 2.88 km i završava na stacionaži 12+413.90 km. Na stacionaži 12+557.30 km počinje tunel Svetonedeljski Breg 2 koji je dug 1.18 km i završava na stacionaži 13+742.00 km blizu mjesta Rakov potok.

Od Stupničkog luga nadalje prema čvoru Horvati i kraju trase, vođenje trase jednako je kao i u varijanti 2.

U Tablici 8. prikazani su izračunati elementi trase gdje su:

- V_{max} maksimalna brzina vlaka u [km/h],
- V_p projektna brzina vlaka u [km/h],
- R_{od} odabrani polumjer krivine u [m],
- h_{nor} proračunata vrijednost nadvišenja vanjske tračnice u [mm],
- $h_{nor,od}$ odabrano nadvišenje vanjske tračnice u [mm],
- n najstrmiji nagib,
- L_{min} minimalna dužina pravolinijske rampe u [m],
- $L_{min,od}$ odabrana dužina pravolinijske rampe u [m],
- D_{min} minimalna dužina kružnog luka u [m] i
- m_{min} minimalna potrebna dužina međupravca između susjednih krivina u [m].

Tablica 8. Izračunate vrijednosti elemenata trase Varijante 3

Odabrane vrijednosti	Krivina 1	Krivina 2	Krivina 3	Krivina 4	Krivina 5	Krivina 6	Krivina 7
V _{max} [km/h]	159	121	121	121	130	130	121
V _p [km/h]	120	120	120	120	120	120	120
Rod [m]	1200	700	700	700	800	800	700
h _{nor} [mm]	85	146	146	146	128	128	146
h _{nor,od} [mm]	90	150	150	150	130	130	150
n	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
L _{min} [m]	108	180	180	180	156	156	180
L _{min,od} [m]	0	185	185	185	160	160	185
D _{min} [m]	60	60	60	60	60	60	60
m _{min} [m]	24	24	24	24	24	24	24

4.2. Vertikalni elementi

Pri polaganju nivelete pruge vodilo se računa da najveći primijenjeni uzdužni nagib ne prekorači zadatkom zadanu vrijednost od 6 ‰ kao da u konačnici ni mjerodavni otpor pruge ne prijeđe vrijednosti od 6 daN/t.

Pri polaganju nivelete vodilo se računa o tome da se trasa vodi što je moguće većom duljinom u niskom nasipu, a dodatno se vodilo računa o postojećim vodotocima, te postojećoj cestovnoj i željezničkoj infrastrukturi koji su premošćivani tj. čije se križanje nastojalo izvesti što je moguće više pod pravim kutom.

Križanja nove dvokolosiječne pruge i postojećih autocesta i pruga planirano je izvesti u dvije razine izvođenjem nove pruge u željezničkom nadvožnjaku. Križanja nove dvokolosiječne pruge i postojećih cesta nižih kategorija planirano je izvesti u dvije razine denivelacijom cestovne prometnice tj. naknadnim izvođenjem cestovnog podvožnjaka ili nadvožnjaka.

Varijanta 1

Os pruge u vertikalnom smislu se sastoji od 9 dionica definiranih lomovima nivelete. Ukupno otprilike 5 km trase položeno je u niveleti uzdužnog nagiba 0 mm/m, cca 7 km je u nagibu od 2 mm/m, a najveći primijenjeni uzdužni nagib na trasi iznosi 3.76 mm/m i položen je na duljini od 1.4 km. Temeljem navedenog, trasa u uzdužnom smislu u potpunosti zadovoljava karakteristike nizinske pruge s malim mjerodavnim nagibima.

Duž čitavog poteza trase je na mjestima lomova nivelete na kojima je razlika susjednih nagiba nivelete veća od 2 mm/m primijenjen minimalni polumjer zaobljenja nivelete iznosa $\rho_{\min} = 15,000$ m, proračunan temeljem zadane maksimalne brzine $V_{\max} = 120$ km/h.

Prikaz vertikalnih elemenata trase dan je u grafičkim prilogima 3.1.1 i 3.1.2 Uzdužni profil trase (MJ. 1 : 10 000/1 000) i prilogima 3.1.3 i 3.1.4 Uzdužni profil spojnih pruga (MJ. 1 : 10 000/1 000).

Varijanta 2

Os pruge u vertikalnom smislu sastoji se od 7 dionica definiranih lomovima nivelete. Ukupno otprilike 6.4 km trase položeno je u niveleti uzdužnog nagiba 1 mm/m, a najveći primijenjeni uzdužni nagib na trasi iznosi 3.90 mm/m i položen je na duljini od 4.14 km. Temeljem navedenog, trasa u uzdužnom smislu u potpunosti zadovoljava karakteristike nizinske pruge s malim mjerodavnim nagibima.

Duž čitavog poteza trase je na mjestima lomova nivelete na kojima je razlika susjednih nagiba nivelete veća od 2 mm/m primijenjen minimalni polumjer zaobljenja nivelete iznosa $\rho_{\min} = 15,000$ m, proračunan temeljem zadane maksimalne brzine $V_{\max} = 120$ km/h.

Prikaz vertikalnih elemenata trase dan je u grafičkim prilogima 3.2.1 i 3.2.2 Uzdužni profil trase (MJ. 1 : 10 000/1 000) i prilogima 3.2.3 i 3.2.4 Uzdužni profil spojnih pruga (MJ. 1 : 10 000/1 000).

Varijanta 3

Os pruge u vertikalnom smislu sastoji se od 8 dionica definiranih lomovima nivelete. Ukupno otprilike 6.4 km trase položeno je u niveleti uzdužnog nagiba 3 mm/m, a najveći primijenjeni uzdužni nagib na trasi iznosi 4 mm/m i položen je na duljini od 3.13 km. Temeljem navedenog, trasa u uzdužnom smislu u potpunosti zadovoljava karakteristike nizinske pruge s malim mjerodavnim nagibima.

Duž čitavog poteza trase je na mjestima lomova nivelete na kojima je razlika susjednih nagiba nivelete veća od 2 mm/m primijenjen minimalni polumjer zaobljenja nivelete iznosa $\rho_{\min} = 15,000$ m, proračunan temeljem zadane maksimalne brzine $V_{\max} = 120$ km/h.

U ovoj varijanti trasa je dijelom vođena u tunelima u minimalno dopuštenom nagibu od 3 mm/m.

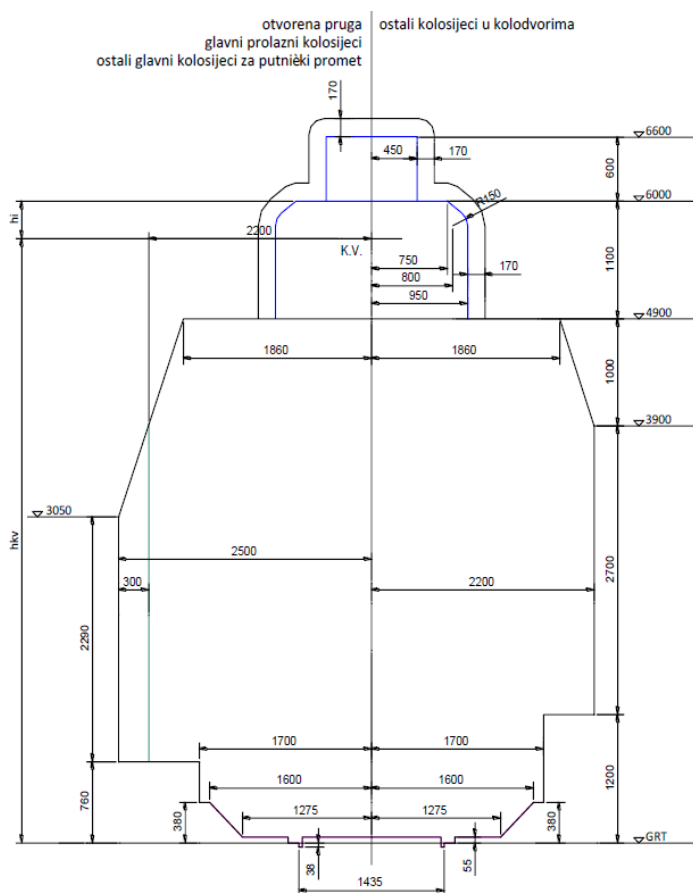
Prikaz vertikalnih elemenata trase dan je u grafičkim prilogima 3.3.1 i 3.3.2 Uzdužni profil trase (MJ. 1 : 10 000/1 000) i prilogima 3.3.3 i 3.3.4 Uzdužni profil spojnih pruga (MJ. 1 : 10 000/1 000).

4.3. Elementi poprečnog presjeka

Pri izradi normalnog poprečnog profila vodilo se računa o traženoj nosivosti pruge koja za danu kategoriju prema TSI-ju iznosi 25 t/o. Odabrane su sljedeće debljine slojeva gornjeg ustroja: zastorne prizme 30 cm, zaštitnog tamponskog sloja 30 cm, geosintetika i podloge zaštitnog sloja debljine 40 cm. Pokos zastorne prizme je nagiba 1:1.25, a pokos nasipa i usjeka je nagiba 1:1.5. Kako bi se osigurala odvodnja zastorne prizme slojevi ispod nje su nagiba 5 % čime je osigurana poprečna odvodnja. Uzdužna odvodnja je osigurana odvodnim jarcima u usjeku. U tunelu je predviđena izvedba kolosijeka na čvrstoj podlozi. Pruga je cijelom trasom elektrificirana i duž nje se protežu pružni kabeli za napajanje pružnih uređaja.

Na Slici 14. dan je slobodni profil za prolaz željezničkih vozila GC u uvjetima elektrifikacije AC 25kV/50Hz na željezničkim prugama za teretni i mješoviti promet. Oznaka GRT predstavlja gornji rub tračnice, K.V. označava kontaktni vodič, dok je hkv visina kontaktnog vodiča a hi visina izdizanja kontaktnog vodiča.

Prikaz elemenata poprečnog presjeka trase dan je u grafičkom prilogu G.5. Normalni poprečni presjeci dvokolosiječne pruge (MJ. 1 : 100).



Slika 16. Slobodni profil GC [12]

4.4. Objekti na trasi

Varijanta 1

Zbog postojeće infrastrukture i vodotoka duž trase je predviđena izvedba tri (3) mosta u ukupnoj duljini 290 m, na križanjima nove pruge i postojećih autocesta i pruga predviđena su tri (3) željeznička nadvožnjaka u ukupnoj duljini od 402 m i jedan (1) željeznički podvožnjak u duljini 20 m, te četiri (4) željezničko-cestovnih križanja u dvije razine. U Tablici 9. prikazane su vrste križanja i pripadne stacionaže, a u Tablici 10. prikazani su objekti s danim imenom, stacionažama početaka i krajeva objekata i njihova ukupna duljina.

Tablica 9. Vrste križanja i stacionaže

VARIJANTA 1		
Rd.br.	KRIŽANJE S CESTAMA - u razini, van razine	STACIONAŽA
1	PLANIRANI ŽCP U RAZINI	2+146.13
2	PLANIRANI CESTOVNI NADVOŽNJAK ULICA DR.FRANJA TUĐMANA	6+392.36
3	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK AC A2 ZAGREBAČKA OBILAZNICA	9+059.50
4	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK ZAGREBAČKA ULICA	10+736.21
5	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK AC A3 2	11+354.76
6	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK KRESTINIČKA CESTA	12+388.00
7	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK D1 D3	14+912.23
8	ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK M202	19+354.27

Tablica 10. Objekti na trasi

IME	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA [m]
Most Zaprešić 1	4+433.9	4+643.9	210
Most Zaprešić 2	4+824.2	4+874.2	50
Most Starča	14+642.1	14+672.1	30

Varijanta 2

Zbog postojeće infrastrukture i vodotoka duž trase je predviđena izvedba tri (3) mosta u ukupnoj duljini 1,180 m, na križanjima nove pruge i postojećih autocesta i pruga predviđena su dva (2) željeznička nadvožnjaka u ukupnoj duljini od 140 m i jedan (1) željeznički podvožnjak u duljini 20 m, te sedam (7) željezničko-cestovnih križanja u dvije razine. U Tablici 11. prikazane su vrste križanja i pripadne stacionaže, a u Tablici 12. prikazani su objekti s danim imenom, stacionažama početaka i krajeva objekata i njihova ukupna duljina.

Tablica 11. Vrste križanja i stacionaže

VARIJANTA 2		
Rd.br.	KRIŽANJE S CESTAMA - u razini, van razine	STACIONAŽA
1	PLANIRANI ŽCP U RAZINI	2+046.09
2	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK - KOLODVORSKA ULICA	2+862.68
3	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK - KOLODVORSKA ULICA	2+973.04
4	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK	3+700.09
5	PLANIRANI CESTOVNI NADVOŽNJAK - ULICA DR. FRANJE TUĐMANA	6+385.28
6	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK - ZAGREBAČKA ULICA	10+204.00
7	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK - AC A3	10+468.79
8	PLANIRANI CESTOVNI NADVOŽNJAK - KERESTENIČKA ULICA	11+620.89
9	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK - KARLOVAČKA CESTA	14+148.13
10	ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK M202	19+087.60

Tablica 12. Objekti na trasi

IME	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA [m]
Most Sava-Zaprešić	4+156.6	4+295.4	138.8
Most Rakitje	9+082.5	10+032.5	950
Most Starča	14+642.1	14+672.1	30

Varijanta 3

Zbog postojeće infrastrukture i vodotoka duž trase je predviđena izvedba dva (2) mosta u ukupnoj duljini 635 m, dva tunela u ukupnoj duljini 6,945 m, na križanjima nove pruge i postojeće autoceste i pruge predviđen je jedan (1) željeznički nadvožnjak duljine od 91 m i jedan (1) željeznički podvožnjak u duljini 20 m, te pet (5) željezničko-cestovnih križanja u dvije razine. U Tablici 13. prikazane su vrste križanja i pripadne stacionaže, a u Tablici 14. prikazani su objekti s danim imenom, stacionažama početaka i krajeva objekata i njihova ukupna duljina.

Tablica 13. Vrste križanja i stacionaže

VARIJANTA 3		
Rd.br.	KRIŽANJE S CESTAMA - u razini, van razine	STACIONAŽA
1	PLANIRANI ŽCP U RAZINI	1+509.70
2	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK - AC A3	7+021.25
3	PLANIRANI ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK - DOMASLOVEČKA ULICA	7+081.72
4	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK - D231	8+833.47
5	PLANIRANI CESTOVNI NADVOŽNJAK - MOLVIČKA CESTA	12+492.47
6	PLANIRANI CESTOVNI NADVOŽNJAK – SAMOBORSKA	13+753.92
7	PLANIRANI CESTOVNI PODVOŽNJAK - KARLOVAČKA CESTA	16+308.01
8	ŽELJEZNIČKI NADVOŽNJAK M202	20+061.45

Tablica 14. Objekti na trasi

IME	STAC POČETAK	STAC KRAJ	DULJINA [m]
Most Zaprešičko jezero	2+178.13	2+622.47	444.34
Most Sava-Zaprešić	3+417.9	3+605.5	187.58
Tunel Svetonedeljski Breg 1	9+533.4	12+413.9	2880.5
Tunel Svetonedeljski Breg 2	10+456.8	10+516.8	60

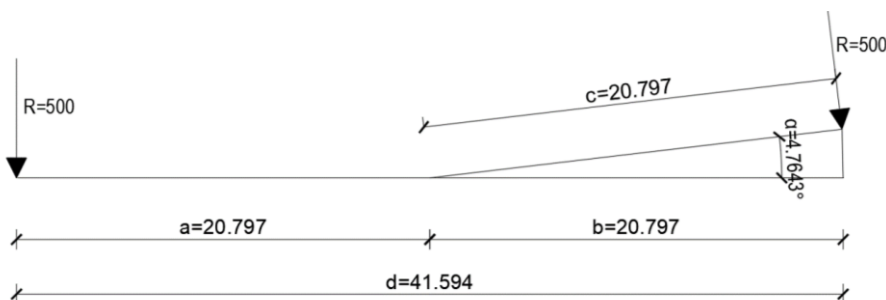
4.5. Spojne pruge čvora Horvati

Na dionici je predviđen jedan denivelirani čvor (Horvati) postojeće pruge M202 Zagreb-Rijeka s planiranom teretnom obilaznicom. Čvor Horvati se nalazi na stacionaži:

- 19+354.3 kilometara u varijanti 1,
- 19+087.6 kilometara u varijanti 2,
- 20+061.4 kilometra kod varijante 3,

U čvoru Horvati tj. na lokaciji križanja s prugom M202 Zagreb-Rijeka planirana je izvedba četiri dvokolosiječne spojne pruge. Planirane spojne pruge su dvokolosiječne kako bi se uzelo u obzir da pruga M202 Zagreb-Rijeka bi u doglednoj budućnosti trebala postati dvokolosiječna. Spojne pruge su identične u varijanti 2 i 3 obilazne pruge.

Pri polaganju njihove trase u horizontali i vertikali i odabiru elemenata vodilo se računa da postavljanjem takvih skretanja ne dođe do značajnog smanjenja brzine na teretnoj obilaznici. Zbog toga su prilikom izvedbe takvih priključaka na planiranu trasu korištene normirane skretnice HŽS.G1.405 i to ukupno 24 skretnica. Na Slici 17. nalazi se shema skretnice korištene za polaganje priključaka spojnih pruga, s pripadajućim dimenzijama.



Slika 17. Shema skretnice HŽS.G1.405 s pripadajućim dimenzijama[12]

Primjena ovih skretnica omogućava brzinu vožnje u pravac (duž teretne obilaznice) u iznosu od 160 km/h što je zadovoljavajuće s obzirom na to da je projektna brzina na ovoj pruzi 120 km/h. Ove skretnice također omogućuju skretanje vlakova brzinom do 65 km/h, što je zadovoljavajuće s obzirom na veliku visinsku razliku koju ti vlakovi moraju savladati na

relativno kratkoj udaljenosti. Visinska razlika koju je bilo potrebno savladati primjenom rampi spojnih pruga u pravilu iznosi više od 6 metara. Nagib koji je korišten pri izvedbi spojnih rampi nije prelazio vrijednost od 10 ‰ osim u slučaju spojne rampe Zapad i Jug u varijanti 1 i u slučaju spojne pruge Zapad u varijantama 2 i 3. U varijanti 1 zbog terenskih uvjeta nagib rampe iznosi 12.5 ‰, što je maksimalni nagib dozvoljen na međunarodnim prugama za mješovit promet. U slučaju varijanti 2 i 3 nagib zapadne rampe iznosi 15 ‰. Blaži nagib nije se mogao primijeniti zbog pred-definirane lokacije priključka na prugu M202 Zagreb-Rijeka sjeveroistočno od naselja i kolodvora Horvati. Polumjeri primijenjenih horizontalnih krivina iznose 500 metara, dok su vrijednosti vertikalnih krivina 5,000 metara.

Dužine spojnih pruga varijante 1 dane su u sljedećoj Tablici 15. Dužine spojnih pruga varijante 2 i 3 dane su u sljedećoj Tablici 16.

Tablica 15. Naziv i dužine spojnih pruga - Varijanta 1

Naziv spojne pruge	Dužina [km]
Teretna obilaznica Sjever Rijeka-Zagreb	1.694
Teretna obilaznica Jug Rijeka-Zagreb	1.668
Teretna obilaznica Zapad Rijeka-Zagreb	1.071
Teretna obilaznica Jug Rijeka-Zagreb	1.761

Tablica 16. Naziv i dužine spojnih pruga - Varijante 2 i 3

Naziv spojne pruge	Dužina [km]
Teretna obilaznica Sjever Rijeka-Zagreb	1.901
Teretna obilaznica Jug Rijeka-Zagreb	1.591
Teretna obilaznica Zapad Rijeka-Zagreb	1.031
Teretna obilaznica Jug Rijeka-Zagreb	1.031

5. Otpori pruge

U ovome poglavlju bit će opisani i prikazani proračuni otpora od uspona, otpora krivina te otpora pruge za svaki pojedini segment trase.

Pruga je podijeljena na segmente tako da svaki segment odgovara jednom uzdužnom nagibu. Za svaki segment je proveden proračun:

1. **Specifičnog otpora od uspona** w_u [daN/t] koji je po aritmetičkoj vrijednosti jednak nagibu uspona izraženom u promilima i za čiji proračun vrijedi jednadžba: .

$$w_u[\text{daN/t}] = i_p[\text{mm/m}] \quad [12]$$

2. **Ukupnog specifičnog otpora od krivina** w_r [daN/t] koji se javljaju kada pri kretanju vozila po kolosijeku u horizontalnoj krivini, grebeni kotača se priljubljuju na bočne površine glave tračnice, a vijenac kotača klizi po gornjoj površini glave tračnice. Prema važećim propisima, specifični otpori od krivina se računaju prema Röckel-u gdje otpor od promatrane krivine ovisi o njenom polumjeru prema formuli:

$$w_{ri} = \frac{650}{R_i - 55} [\text{daN/t}] \quad [12]$$

Nakon proračuna otpora svake krivine na segmentu određen je ukupni specifični otpor svih krivina prema formuli:

$$w_r = \frac{\sum w_{ri} \cdot d_i}{L} [\text{daN/t}] \quad [12]$$

Gdje vrijednost d_i [m] predstavlja ukupnu duljinu određene krivine a vrijednost L [m] ukupnu duljinu promatranog segmenta.

3. **Ukupnog specifičnog otpora pruge na segmentu** w_p [daN/t] koji se dobiva kao zbroj prethodno proračunatih otpora.

$$w_p = w_u + w_r [\text{daN/t}] \quad [12].$$

Na temelju gore navedenih izraza [12] proračunati su mjerodavni nagibi u usponu i ukupni specifični otpor pruge za dionicu svake varijante čija je trasa položena u najvećem uzdužnom nagibu.

Kod sve tri varijante izračunat je ukupni specifični otpor pruge w_p od 4 daN/t a izračuni su dani u tablicama 17., 18. i 19.:

Iz tablica je vidljivo da niti u jednoj varijanti specifičan otpor pruge kao i uzdužni nagib ne prelazi vrijednost od 4 daN/t tj. 4 mm/m, što znači da je u potpunosti zadovoljen projektni zahtjev.

Tablica 17. Otpori pruge - Varijanta 1

Duljina segmenta s najvećim usponom			L [m]	1421.53		
Otpor nagiba			w_u [daN/t] = i_p [‰]	3.76		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
10	1500	0.45	260.57	117.21		
Ukupni specifični otpor krivina			w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$	0.08		
TUNEL	L_{ti} [m]	$i_{mt/L1}$ [‰]	$i_{mt/L2}$ [‰]	$i_{mt/Lti}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(1)i} \times L_{ti}$
-	-	-	-	-	-	-
Ukupni specifični otpor tunela			w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ti}) / L$	0.00		
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu			w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$	4		

Tablica 18. Otpori pruge - Varijanta 2

Duljina segmenta s najvećim usponom			L [m]	4142.63		
Otpor nagiba			w_u [daN/t] = i_p [‰]	3.90		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
6	700	1.01	559.66	564.00		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
7	700	1.01	498.86	502.73		
Ukupni specifični otpor krivina			w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$	0.26		
TUNEL	L_{ti} [m]	$i_{mt/L1}$ [‰]	$i_{mt/L2}$ [‰]	$i_{mt/Lti}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(1)i} \times L_{ti}$
-	-	-	-	-	-	-
Ukupni specifični otpor tunela			w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ti}) / L$	0.00		
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu			w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$	4		

Tablica 19. Otpori pruge - Varijanta 3

Duljina segmenta s najvećim usponom			L [m]	5580.52		
Otpor nagiba			w_u [daN/t] = i_p [‰]	3.00		
KRIVINA	R [m]	w_{ri} [daN/t] = $650 / (R-55)$	d_i [m]	$w_{ri} \times d_i$		
3	700	1.01	668.04	673.22		
4	700	1.01	407.54	410.70		
Ukupni specifični otpor krivina			w_r [daN/t] = $\Sigma(w_{ri} \times d_i) / L =$	0.19		
TUNEL	L_{ti} [m]	$i_{mt/L1}$ [‰]	$i_{mt/L2}$ [‰]	$i_{mt/Lti}$ [‰]	w_{ti} [daN/t]	$w_{t(1)i} \times L_{ti}$
SVETONEDELJSKI BREG 1	2280.53	5.00	6.00	5.50	2.50	5701.325
SVETONEDELJSKI BREG 2	462.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ukupni specifični otpor tunela			w_t [daN/t] = $\Sigma(w_{ti} \times L_{ti}) / L$	1.02		
Ukupni specifični otpor pruge na segmentu			w_p [dan/t] = $w_u + w_r + w_t$	4		

6. Proračun investicijskih troškova

Troškovi projekta željeznica uključuju ne samo troškove izgradnje, nego i troškove vezane za nabavu potrebne tehnologije, nabavu zemlje, pripremu projekta, te održavanje i upravljanje nakon izgradnje ili rekonstrukcije željeznica.

Pod troškovima investicije smatraju se troškovi projekta:

- izgradnje nove željezničke infrastrukture;
- dogradnje, rekonstrukcije i adaptacije postojeće željezničke infrastrukture tj. aktivnosti koje podrazumijevaju izmjenu usklađenosti željezničke infrastrukture s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena
- obnove i osuvremenjivanja pruge

Osnovni princip izračuna ukupnih investicijskih troškova kao ulazni podatak za izradu CBA analize potrebno je izraditi temeljem izračuna troškova iz projektne dokumentacije.

U ranim fazama izrade CBA analize, ako ne postoji dovoljno razrađena projektna dokumentacija i izračun investicijskih troškova, odnosno u slučaju da je detaljni budžet projekta zastario i više nije valjan, sadrži netočne brojke, ili ima neke druge limitirajuće faktore, predlaže se izračun ukupnih troškova procijeniti množenjem vrijednosti prikazanih u Tablicama u nastavku s količinom građevinskih radova [18].

Investicijske troškove izgradnje nove, dogradnje, rekonstrukcije i adaptacije postojeće željezničke infrastrukture moguće je podijeliti u sljedeće grupe:

- troškovi izgradnje donjeg ustroja (zemljani radovi, odvodnja);
- troškovi izgradnje gornjeg ustroja;
- troškovi izgradnje objekata na otvorenoj pruzi (mostovi, vijadukti, tuneli, ceste, denivelacije, zaštita od buke);
- troškovi izgradnje kolosijeka, zgrada i perona u kolodvorima i stajalištima;
- troškovi izgradnje uređaja (elektro-energetskih, signalno-sigurnosnih, telekomunikacijskih i uređaja za središnje upravljanje prometom)
- troškovi izrade projekta;
- troškovi nadzora i savjetovanja;
- troškovi otkupa zemljišta [13].

U Tablicama 20., 21., i 21. prikazan je proračun investicijskih troškova za dionicu trase Horvati – Zaprešić, a u tablicama 22., i 23. prikazani su troškovi izgradnje spojnih pruga za sva tri varijantna rješenja.

Obračun količina radova gornjeg i donjeg ustroja izražen je u kilometrima pruge. Navedene količine se odnose na kilometre pruge na kojima se izvodi gornji ustroj i ovise o visini nasipa i usjeka pruge.

Mostovi su obračunati prema kilometru pruge dok smo željezničko – cestovne prijelaze obračunavali po komadima. Na mjestima gdje je trasa pruge udaljena manje od 100 metara od postojećih naselja pretpostavljena je izgradnja zidova za zaštitu od buke. Svi uređaji potrebni na pruzi obračunati su prema ukupnoj kilometraži svake od varijanti.

Iz Tablice 20. moguće je zaključiti kako u Varijanti 1 nešto više od 50% ukupnih troškova investicije izgradnje dvokolosiječne pruge Horvati - Zaprešić otpada na troškove donjeg ustroja. Otprilike 30% troškova donjeg ustroja otpada na izvedbu viših nasipa, nužnih zbog izvedbe osam denivelirana križanja. S obzirom na to da pruga prolazi većim svojim dijelom područjem oranica odnosno nizinskim terenom, troškovi izvedbe su nešto niži u odnosu na uobičajene za prugu ovakvog tipa. Na nešto nižu cijenu je također utjecao manja duljina potrebnih zidova za zaštitu od buke s obzirom na to da pruga prolazi relativno nenaseljenim područjem.

Iz Tablice 21. jasno je vidljivo kako u Varijanti 2 skoro 40 % ukupnih investicijskih troškova izgradnje pruge otpada na troškove donjeg ustroja. Trasa je većinski u nizinskom terenu visina usjeka i nasipa do 5 metara. Potrebno je i izdvojiti otprilike 13 % od ukupnih troškova na izvedbu deniveliranih željezničko – cestovnih prijelaza. Pruga prolazi većinskim dijelom preko oranica i livada pa je cijena izvedbe pruge nešto niža nego sličnih pruga ovakvog tipa.

Iz Tablice 22. moguće je zaključiti kako u Varijanti 3 otprilike malo više od 30 % ukupnih troškova investicije izgradnje dionice dvokolosiječne teretne pruge Horvati – Zaprešić otpada na troškove donjeg ustroja. Cijela trasa se nalazi u pretežito nizinskom terenu usjeka i nasipa visina manjih od 5 m. Također jedino u ovoj varijanti je predviđena izgradnja tunela i troškovi njihove izgradnje iznose otprilike nešto manje od 30 % ukupnih troškova investicije izgradnje.

Iz Tablica 23. i 24. vidljivo je da gornji i donji ustroj otvorene pruge trase imaju najveći udio u količini troškova procijenjenih za izgradnju spojnih pruga nove obilazne s postojećom prugom M202 DG –S.Marof – Zagreb. U slučaju Varijante 1 troškovi donjeg ustroja čine otprilike 50 % ukupnih troškova dok kod varijante 2 i 3 taj udio je nešto veći od 60 % ukupnih troškova. U Varijanti 1 ukupna duljina trase iznosi 6.20 km dok ukupna duljina trase spojnih pruga za Varijantu 2 i 3 iznosi 5.56 km.

Tablica 20. Proračun investicijskih troškova obilazne pruge - Varijanta 1

Red.b r.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	21.00	1.20	25.20
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	16.31	3.00	48.93
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	2.23	7.30	16.24
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	2.02	12.90	26.06
3.	PRIKLJUČAK				
3.2	Skretnice	kom	1	0.08	0.08
3.4	Rekonstrukcija gornjeg ustroja	km pruge	0.7	1.10	0.77
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	Most Zaprešić 1	km pruge	0.21	16.10	3.38
4.2	Most Zaprešić 2	km pruge	0.05	16.10	0.81
4.5	Most Starča	km pruge	0.03	16.10	0.48
5.	TUNELI				
5.1	-	km pruge	0.00	14.00	0.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	8	2.40	19.20
6.2	U razini	kom	1	0.50	0.50
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Zaprešić 1	km zida	0.81	0.96	0.77
7.2	Zaprešić 2	km zida	0.20	0.96	0.19
7.3	Puhali	km zida	0.23	0.96	0.22
8.	UREĐAJI				
8.1	Elektro-energetski	km pruge	21.00	0.24	4.98
8.2	Signalno-sigurnosni	km pruge	21.00	0.16	3.36
8.3	Telekomunikacijski	km pruge	21.00	0.05	1.06
8.4	Središnje upravljanje prometom	km pruge	21.00	0.01	0.20
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko prigradsko	km2	0.03	100.93	3.33
9.2	Građevinsko ruralno	km2	0.00	60.56	0.00
9.3	Oranice	km2	0.30	3.80	1.14
9.4	Livade	km2	0.25	1.52	0.37
10.	PROJEKTIRANJE		4% ukupnih troškova		6.24
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE		3% ukupnih troškova		4.68

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova izgradnje dvokolosiječne obilazne pruge

Stavka		[mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	25.20
2.	DONJI USTROJ	91.23
3.	PRIKLJUČAK NA PRUGU M xxx	0.08
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI	4.19
5.	TUNELI	0.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	19.70
7.	ZAŠTITA OD BUKE	1.18
8.	UREĐAJI	9.60
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA	4.84
10.	PROJEKTIRANJE	6.24
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	4.68
UKUPNO [mil EUR]		166.94

Tablica 21. Procijenjeni investicijski troškovi obilazne pruge - Varijanta 2

Red.b r.	Stavka	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	20.80	1.20	24.96
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	17.21	3.00	51.63
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	3.37	7.30	24.60
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.22	12.90	2.84
3.	PRIKLJUČAK				
3.1	Skretnice	kom	1	0.08	0.08
3.2	Rekonstrukcija gornjeg ustroja	km kolosijeka	0.7	1.10	0.77
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	Most Sava - Zaprešić	km pruge	0.14	16.10	2.22
4.2	Most Rakitje	km pruge	0.95	16.10	15.30
4.3	Most Starča	km pruge	0.03	16.10	0.48
5.	TUNELI				
5.1	-	km pruge	0.00	14.00	0.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	10	2.40	24.00
6.2	U razini	kom	1	0.50	0.50
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Zaprešić 1	km zida	0.81	0.96	0.78
7.2	Zaprešić 2	km zida	0.23	0.96	0.22
7.3	Zaprešić 3	km zida	0.53	0.96	0.51
7.4	Zaprešić 4	km zida	0.14	0.96	0.13
7.5	Lazinje	km zida	0.54	0.96	0.52
7.6	Rakitje	km zida	0.31	0.96	0.30
7.7	Puhali	km zida	0.27	0.96	0.26
8.	UREĐAJI				
8.1	Elektro-energetski	km pruge	20.80	0.24	4.94
8.2	Signalno-sigurnosni	km pruge	20.80	0.16	3.33
8.3	Telekomunikacijski	km pruge	20.80	0.05	1.05
8.4	Središnje upravljanje prometom	km pruge	20.80	0.01	0.19
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko prigradsko	km2	0.03	100.93	3.03
9.2	Građevinsko ruralno	km2	0.03	60.56	1.57
9.3	Oranice	km2	0.36	3.80	1.36
9.4	Livade	km2	0.09	1.52	0.13
10.	PROJEKTIRANJE		4% ukupnih troškova		6.53
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE		3% ukupnih troškova		4.90

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova izgradnje dvokolosijske obilazne pruge

Stavka	[mil EUR]	
1.	GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	24.96
2.	DONJI USTROJ	79.07
3.	PRIKLJUČAK	0.08
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI	17.52
5.	TUNELI	0.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	24.50
7.	ZAŠTITA OD BUKE	1.51
8.	UREĐAJI	9.51
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA	6.10
10.	PROJEKTIRANJE	6.53
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE	4.90
UKUPNO [mil EUR]		174.67

Diplomant: Antonio Tomc

Diplomski rad iz kolegija: Projektiranje i građenje željeznica

Akademska godina: 2022./2023.

Tablica 22. Procijenjeni investicijski troškovi obilazne pruge - Varijanta 3

Red.b r.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	21.77	1.20	26.12
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	14.04	3.00	42.12
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	3.53	7.30	25.77
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.14	12.90	1.81
3.	PRIKLJUČAK				
3.2	Skretnice	kom	1	0.08	0.08
3.4	Rekonstrukcija gornjeg ustroja	km kolosijeka	0.7	1.10	0.77
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	Most Zaprešičko jezero	km pruge	0.44	16.10	7.08
4.2	Most Sava-Zaprešić	km pruge	0.19	16.10	3.06
5.	TUNELI				
5.1	Tunel Svetonedeljski Breg 1	km pruge	2.88	14.00	40.32
5.2	Tunel Svetonedeljski Breg 2	km pruge	1.18	14.00	16.52
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	8	2.40	19.20
6.2	U razini	kom	1	0.50	0.50
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Zaprešić 1	km zida	0.90	0.96	0.86
7.2	Zaprešić 2	km zida	0.22	0.96	0.21
7.3	Puhali	km zida	0.19	0.96	0.18
8.	UREĐAJI				
8.1	Elektro-energetski	km pruge	21.77	0.24	5.17
8.2	Signalno-sigurnosni	km pruge	21.77	0.16	3.48
8.3	Telekomunikacijski	km pruge	21.77	0.05	1.10
8.4	Središnje upravljanje prometom	km pruge	21.77	0.01	0.20
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko ruralno	km2	0.12	60.56	7.26
9.2	Oranice	km2	0.12	3.80	0.44
9.3	Livade	km2	0.20	1.52	0.31
10.	PROJEKTIRANJE		4% ukupnih troškova		8.10
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE		3% ukupnih troškova		6.08

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova izgradnje dvokolosijske obilazne pruge

Stavka	[mil EUR]
1. GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	26.12
2. DONJI USTROJ	69.70
3. PRIKLJUČAK	0.08
4. MOSTOVI I VIJADUKTI	10.14
5. TUNELI	56.84
6. ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	19.70
7. ZAŠTITA OD BUKE	1.26
8. UREĐAJI	9.96
9. OTKUP ZEMLJIŠTA	8.01
10. PROJEKTIRANJE	8.07
11. NADZOR I SAVJETOVANJE	6.05
UKUPNO [mil EUR]	215.93

Tablica 23. Procijenjeni investicijski troškovi spojnih pruga - Varijanta 1

Red.b r.	S t a v k a	Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	6.20	1.20	7.44
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	3.87	3.00	11.60
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	0.57	7.30	4.13
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.00	12.90	0.00
3.	PRIKLJUČAK				
3.2	Skretnice i kržišta	kom	24	0.08	1.92
3.4	Rekonstrukcija gornjeg ustroja	km pruge	2.87	1.10	3.16
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	-	km pruge	0.00	16.10	0.00
4.2	Most Ime	km pruge	0.00	16.10	0.00
5.	TUNELI				
5.1	-	km pruge	0.00	14.00	0.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	Denivelirani	kom	0.00	2.40	0.00
6.2	U razini	kom	0.00	0.50	0.00
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Babići	km zida	0.09	0.96	0.08
8.	UREĐAJI				
8.1	Elektro-energetski	km pruge	6.20	0.24	1.47
8.2	Signalno-sigurnosni	km pruge	6.20	0.16	0.99
8.3	Telekomunikacijski	km pruge	6.20	0.05	0.31
8.4	Središnje upravljanje prometom	km pruge	6.20	0.01	0.06
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko ruralno	km2	0.00	60.56	0.00
9.2	Oranice	km2	0.04	3.80	0.15
9.3	Livade	km2	0.12	1.52	0.18
10.	PROJEKTIRANJE				
				4% ukupnih troškova	1.13
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE				
				3% ukupnih troškova	0.85

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova izgradnje dvokolosijećnih spojnih pruga

Stavka	[mil EUR]
1. GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	7.44
2. DONJI USTROJ	15.73
3. PRIKLJUČAK	1.92
4. MOSTOVI I VIJADUKTI	0.00
5. TUNELI	0.00
6. ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	0.00
7. ZAŠTITA OD BUKE	0.08
8. UREĐAJI	2.83
9. OTKUP ZEMLJIŠTA	0.33
10. PROJEKTIRANJE	1.13
11. NADZOR I SAVJETOVANJE	0.85
UKUPNO [mil EUR]	30.32

Tablica 24. Procijenjeni investicijski troškovi spojnih pruga - Varijanta 2 i 3

Stavka		Jedinica	Količina	Jed. cijena [mil EUR]	Ukupno [mil EUR]
1.	GORNJI USTROJ	km pruge	5.56	1.20	6.67
2.	DONJI USTROJ				
2.1	Nizinski teren usjek/nasip h < 5 m	km pruge	3.93	3.00	11.79
2.2	Brdoviti teren usjek/nasip h= 5-10 m	km pruge	1.63	7.30	11.90
2.3	Planinski teren usjek/nasip h > 10 m	km pruge	0.00	12.90	0.00
3.	PRIKLJUČAK				
3.1	Skretnice	kom	24	0.08	1.92
3.2	Rekonstrukcija gornjeg ustroja	km kolosijeka	2.89	1.10	3.18
4.	MOSTOVI I VIJADUKTI				
4.1	-	km pruge	0.00	16.10	0.00
4.2	Most Ime	km pruge	0.00	16.10	0.00
5.	TUNELI				
5.1	-	km pruge	0.00	14.00	0.00
6.	ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI				
6.1	-	kom	0	2.40	0.00
7.	ZAŠTITA OD BUKE				
7.1	Babići	km zida	0.53	0.96	0.51
7.2	Gorjanci	km zida	0.30	0.96	0.29
8.	UREĐAJI				
8.1	Elektro-energetski	km pruge	5.56	0.24	1.32
8.2	Signalno-sigurnosni	km pruge	5.56	0.16	0.89
8.3	Telekomunikacijski	km pruge	5.56	0.05	0.28
8.4	Središnje upravljanje prometom	km pruge	5.56	0.01	0.05
9.	OTKUP ZEMLJIŠTA				
9.1	Građevinsko ruralno	km2	0.00	60.56	0.00
9.2	Oranice	km2	0.08	3.80	0.30
9.3	Livade	km2	0.07	1.52	0.10
10.	PROJEKTIRANJE		4% ukupnih troškova		1.44
11.	NADZOR I SAVJETOVANJE		3% ukupnih troškova		1.08

Rekapitulacija procijenjenih investicijskih troškova izgradnje spojnih pruga

Stavka	[mil EUR]
1. GORNJI USTROJ OTVORENE TRASE PRUGE	6.67
2. DONJI USTROJ	23.69
3. PRIKLJUČAK	1.92
4. MOSTOVI I VIJADUKTI	0.00
5. TUNELI	0.00
6. ŽELJEZNIČKO-CESTOVNI PRIJELAZI	0.00
7. ZAŠTITA OD BUKE	0.80
8. UREĐAJI	2.54
9. OTKUP ZEMLJIŠTA	0.41
10. PROJEKTIRANJE	1.44
11. NADZOR I SAVJETOVANJE	1.08
UKUPNO [mil EUR]	38.55

7. Zaključak

U ovom diplomskom radu izrađena su i evaluirana tri varijantna rješenja izvedbe dvokolosiječne željezničke obilaznice grada Zagreba, namijenjene isključivo za teretni promet, na dionici Horvati – Zaprešić. Na osnovu idejnog rješenja ove dionice danog u diplomskom radu Gabrijela Matića iz 2022. godine, a u cilju očuvanja prirodnog bogatstva Zagrebačke županije, detaljnije su razrađena dva nova varijantna rješenja u kojima su se trase pruge vodile tako da se njihovom izgradnjom u što manjoj mjeri utječe na postojeću prirodnu i izgrađenu okolinu.

Trase varijantnih rješenja su vođene prema sljedećim konceptima ustanovljenima pregledom važeće prostorno-planske i studijske dokumentacije. U Varijanti 1 trasa je u najvećoj mjeri prilagođena važećoj prostorno-planskoj dokumentaciji Grada i Županije te prolazi kroz područja ekološke mreže i vrlo blizu naselja. U Varijanti 2 trasa se, u što je moguće manjoj mjeri, izmiče od trase dane u važećoj prostorno-planskoj dokumentaciji Grada i Županije, a u isto vrijeme obilazi kritična, ugrožena područja Ekološke mreže na području Stupničkog luga i Save kod Hrušćice sa šljunčarom Rakitje. Budući da je Prostornim planom Zagrebačke županije istaknuta važnost zajedničkih prometnih i infrastrukturnih koridora te vođenja računa o racionalnom korištenju prostora, u Varijanti 3 zamišljeno je da se pruga pruža paralelno s koridorom novoplanirane autoceste u najvećoj mogućoj duljini. U Tablici 23. dani su i uspoređene osnovne karakteristike sve tri varijante.

Kako bi svaka od navedenih varijanti završavala tj. počinjala u istom presjeku postojeće dvokolosiječne pruge M101 DG – S. Marof – Zagreb tj. neposredno nakon stajališta Zaprešić Savska gledano u smjeru prema Zagrebu te neposredno nakon križanja s prugom M202 Zagreb – Rijeka, inicijalna Varijanta 1 je blago modificirana (u ranije spomenutom diplomskom radu trasa se priključuje na prugu M101 DG – S. Marof – Zagreb u kolodvoru Zaprešić te završava neposredno prije čvora Horvati).

Kako bi se trasa prilagodila planskoj dokumentaciji i postojećoj prometnoj infrastrukturi Varijanta 1 je u zoni autocesta AC2 i AC3 vođena s najmanjim polumjerima horizontalnih krivina od 300 m zbog čega je na tom djelu brzina vlakova ograničena na od 75 km/h. To je uzrokovalo smanjenje prosječne brzine vožnje duž trase na otprilike 116 km/h.

U Varijanti 2 izvedeno je blago izmještanje dijelova horizontalne osi trase Varijante 1 u smislu smanjenja broja horizontalnih krivina i povećanja polumjera krivina na najmanje 700 m kako bi se postigla brzina vožnje od 120 km/h, uz poštivanje prostornih ograničenja vezanih za zaštitu okoliša.

Varijantom 3 u najvećoj je mogućoj mjeri praćen koridor autoceste planirane na razini Zagrebačke županije. Zbog toga je horizontalna geometrija ove varijante značajno jednostavnija i većinski prolazi neizgrađenim područjima - oranicama i livadama u nizinskom terenu. Najmanji korišteni polumjer krivine je 700 m, što omogućuje odvijanje teretnog prometa brzinom od 120 km/h.

Duljina trasa u sve tri varijante je podjednaka. Razlika u duljini između Varijante 1 i 2 iznosi samo 200 metara, dok je razlika u duljini trase varijante 1 i 3 iznosa 770 metara. Također, Varijanta 1 i 3 imaju podjednak broj deniveliranih željezničko – cestovnih prijelaza (osam u oba slučaja) dok ih u Varijanti 2 ima deset. U svim je varijantama također uspješno je zadovoljen zahtjev da najveći primijenjeni uzdužni nagibi i otpori pruge odgovaraju karakteristikama nizinskih pruga. Najveći primijenjeni uzdužni nagib do 4 ‰ a mjerodavni otpor pruge iznosi samo 4 daN/t.

Tablica 25. Usporedba osnovnih karakteristika varijantnih rješenja

Parametar		Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Elementi osi	Duljina dionice [km]	21	20.80	21.77
	Minimalni polumjer horizontalnog luka [m]	300	700	700
	Najveći uzdužni nagib [mm/m]	3.8	3.90	3.0
	Duljina segmenta u najvećem uzdužnom nagibu [km]	1.4	4.14	5.58
Operativne značajke	Mjerodavni otpor na usponu [daN/t]	4	4	4
	Prosječna brzina [km/h]	116.33	120	120
Objekti na trasi	Križanja s drugim prometnicama u razini [broj]	1	1	1
	Križanja s drugim prometnicama van razine [broj]	8	10	8
	Udio objekata duž trase (mostova, tunela) [%]	1.40	5.38	21.60
Procijenjeni troškovi investicije [mil EUR]	Gornji ustroj otvorene pruge / remont pruge	25.2	25.0	26.1
	Donji ustroj	91.2	79.1	69.7
	Priključak	0.1	0.1	0.1
	Mostovi i vijadukti	4.2	17.5	10.1
	Tuneli	0.0	0.0	56.8
	Križanja ceste i željeznice	19.7	24.5	19.7
	Zaštita od buke	1.2	1.5	1.3
	Uređaji (EE, SS, TK, UP)	9.6	9.5	10.0
	Otkup zemljišta	4.8	6.1	8.0
	Projektiranje	6.2	6.5	8.1
	Nadzor i savjetovanje	4.7	4.9	6.1
	Ukupno [mil HRK]	166.9	174.7	215.9

U pogledu procijenjenih investicijskih troškova, vidljivo je da varijante zahtijevaju podjednaku investiciju u izgradnju gornjeg ustroja jer su duljine pruga podjednake. Najveće razlike uočavaju se u investicijskim troškovima izgradnje donjeg ustroja te objekata (podvožnjaka,

nadvožnjaka, mostova i tunela). U slučaju Varijante 1 potrebno je uložiti više sredstava za izgradnju donjeg ustroja zbog većeg udjela pruge koji se nalazi na visinama nasipa i usjeka većima od 10 metara. U usporedbi s Varijantom 1, najveću razliku u troškovima Varijante 2 predstavljaju troškovi izvedbe mosta Rakitje koji je dug 0.95 kilometara i za kojeg treba izdvojiti značajna sredstava. Također, potreba za dva dodatna križanja pruge u Varijanti 2 s postojećim cestama utječe na veće troškove izgradnje. U usporedbi s Varijantom 1, razliku u troškovima Varijante 3 predstavljaju troškovi za izgradnju mosta Zaprešičko jezero duljine 0.45 kilometara, ali najveću razliku u troškovima predstavlja izgradnja tunela Svetonedeljski breg 1 i 2 u duljini 4.06 kilometara za koje je očekivano potrebno izdvojiti najviše sredstava. Za usporedbu, čak 21.6 % trase pruge Varijante 3 čine objekti duž trase dok je kod Varijante 1 taj udio samo 1.4 %. Iz ovih razloga Varijanta 3 je i najskuplje rješenje.

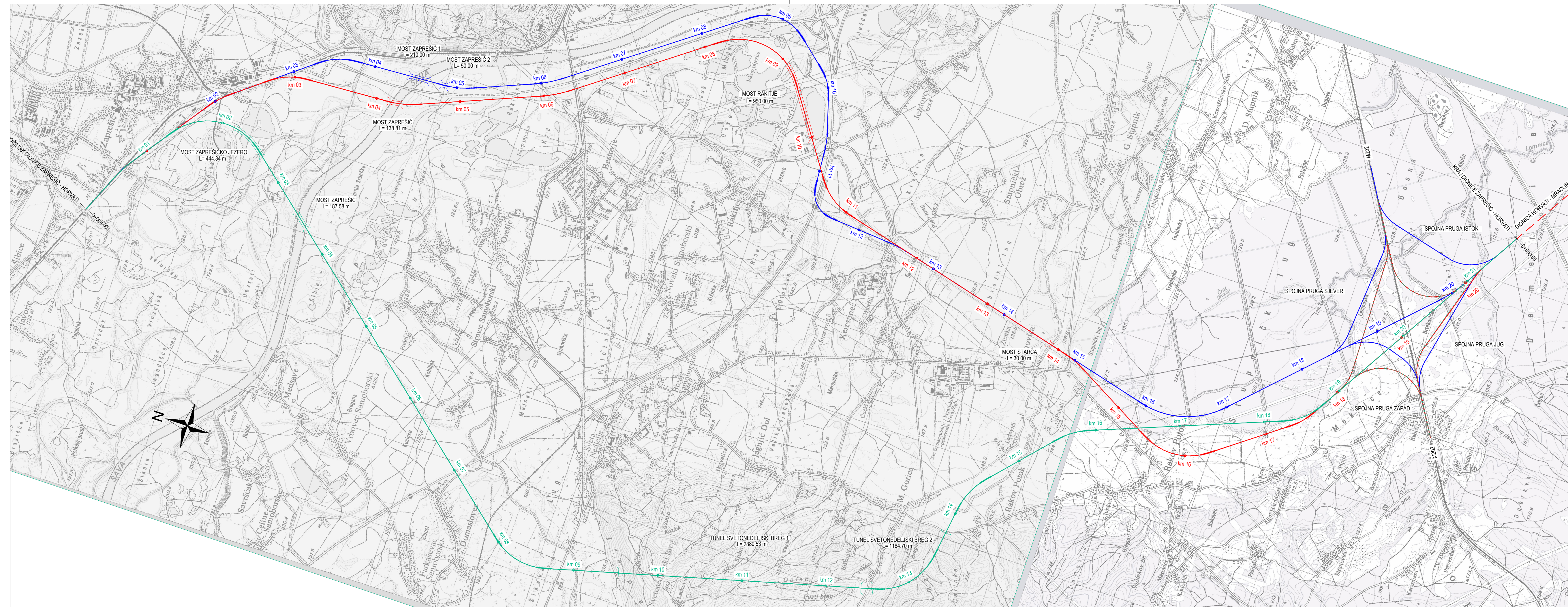
Na temelju prikazanog moguće je zaključiti sljedeće. Iako je cjenovno Varijanta 3 najnepovoljnija, po svim ostalim parametrima evaluacije ona bi mogla biti najbolji izbor. Njenu bi trasu bilo poželjno uzeti u daljnja razmatranja iz tri razloga: ima najispruženiju horizontalnu geometriju koja omogućuje ostvarivu brzinu vožnje od 120 km/h, prolazi slabo naseljenim područjem i u najvećoj mogućoj mjeri prati koridor planirane autoceste čime se štetni učinci prometa na okoliš i na kritična područja svode na minimum.

Literatura

- [1] Sektor za razvoj, pripremu i provedbu investicija i EU fondova, *Projektni zadatak za izradu studije razvoja željezničkog čvora Zagreb*. 2022.
- [2] Consultants d.o.o za menadžment, projektiranje, prostorno planiranje, i stručni nadzor u graditeljstvu, *Master plan prometnog sustava grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije*. 2020.
- [3] Istraživanje i projektiranje u prometu d.o.o, *Studija razvoja željezničkog čvora Zagreb*, S 22/16. 2016. Dostupno: <https://www.hzinfra.hr/> [Pristupljeno 12. svibnja 2023]
- [4] Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zavod za prometnice, *Program cjelovite obnove povijesne jezgre grada Zagreba Unapređenje mobilnosti i prometnog sustava*. ožujak 2021.
- [5] Kreč S., Božičević J., Amanović S. Redefiniranje željezničkog čvora Zagreb: Božičević J. (ur.) *Znanstveni skup Prometna problematika grada Zagreba*, Zbornik 12.-13.lipnja 2006. Zagreb, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti; 2006. str. 267-281.
- [6] HŽ Infrastruktura, *Izvešće o mreži*. 2022. Dostupno: https://www.hzinfra.hr/wp-content/uploads/2022/09/2022_IV_IOM.pdf [Pristupljeno: 19. Svibnja 2023.]
- [7] NN 84/2021 (23.7.2021.), Uredba o razvrstavanju željezničkih pruga Dostupno: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_07_84_1563.html [Pristupljeno: 26. Svibnja 2023.]
- [8] Informacijski sustav prostornog uređenja, Dostupno: <https://ispu.mgipu.hr/#/> [Pristupljeno: 30. Svibnja 2023.]
- [9] Prostorni plan Zagrebačke županije, Dostupno: <https://www.zpuzz.hr/sadrzaj/prostorni-planovi/prostorni-plan-zagrebacke-zupanije-ppzz/> [Pristupljeno: 3. Lipnja 2023.]
- [10] Odluka komisije o tehničkoj specifikaciji za interoperabilnost u vezi s "građevinskim" podsustavom transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava. *Službeni list Europske Unije*. 2011;2741:240-307.
- [11] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, Pravilnik o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge, NN 128/2008-3670
- [12] Lakušić S., Ahac M., *Projektiranje i građenje željeznica, Predavanja za studente I godine diplomskog studija Prometnice*, Građevinski Fakultet, Zagreb

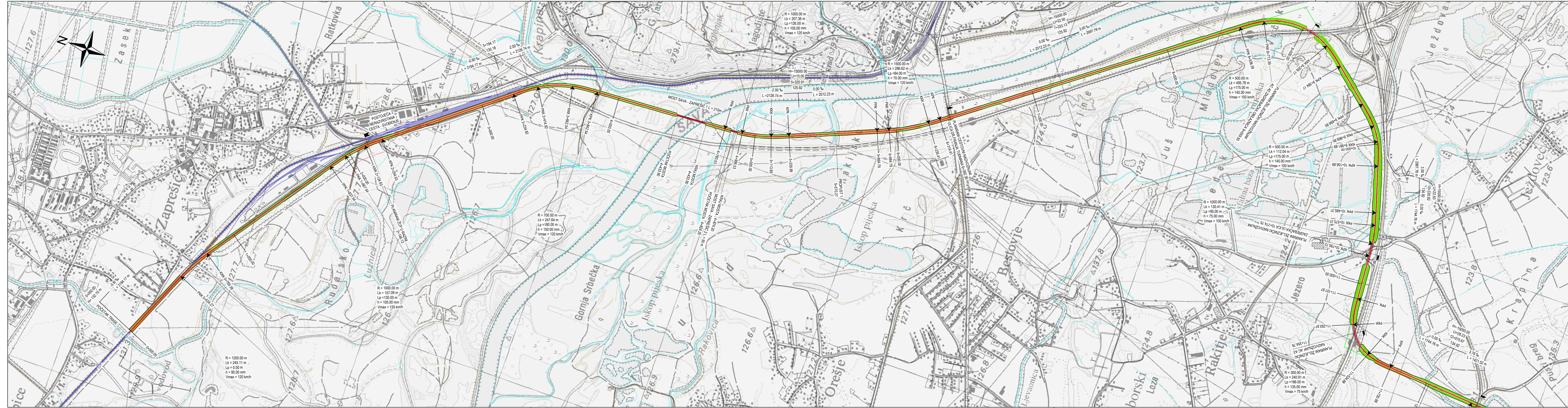
- [13] Željka Kučinić, dipl.ing.arh., Planiranje obilazne željezničke pruge grada Zagreba u prostornom planu Zagrebačke županije s obzirom na ekološku mrežu, 42. međunarodno savjetovanje "Planiranje i projektiranje" u zelenom poslovanju održivo i društveno odgovorno, 2021
- [14] Crvenokljuna čigra, Dostupno:<https://prirodahrvatske.com/2018/05/11/crvenokljuna-cigra/> (Pristupljeno: 23.8.2023)
- [15] Hrastova strizibuba, Dostupno:
https://stetnici.sumins.hr/SumskiStetnici/hrastova_strizibuba_%28cerambix_cerdo%29 (Pristupljeno: 23.8.2023)
- [16] Šljunčara Rakitje, Dostupno: <https://zeleni-prsten.hr/portal/planovi-upravljanja-sava-kod-hruscice-sa-sljuncarom-rakitje/> (Pristupljeno: 24.8.2023)
- [17] Stupnički lug, Dostupno: <https://park-maksimir.hr/treatment/stupnicki-lug/> (Pristupljeno: 24.8.2023)
- [18] Ministarstvo mora, prometa i infrastructure, Smjernice za CBA za projekte prometnica i željeznica Dostupno: <https://promet-eufondovi.hr/wp-content/uploads/2021/04/Smjernice-za-CBA-za-projekte-prometnica-i-zeljeznica.pdf> [Pristupljeno: 18. Srpnja 2023.]

Prilozi



- POSTOJEĆA TRASA
- VARIJANTA 1
- VARIJANTA 2
- VARIJANTA 3
- ⊢ TUNEL
- ⊢ MOST

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za treretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	ANTONIO TOMC, 0082054252	
Naziv priloga:			
PREGLEDNA SITUACIJA VARIJANTNIH RJEŠENJA TRASE PRUGE			
Datum izrade:	Datum obrane:	Mjerilo priloga:	Broj priloga:
20. rujna 2023.	28. rujna 2023.	1:25.000	1.



- LEGENDA:
- OS PRUGE
 -
 -
 -

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

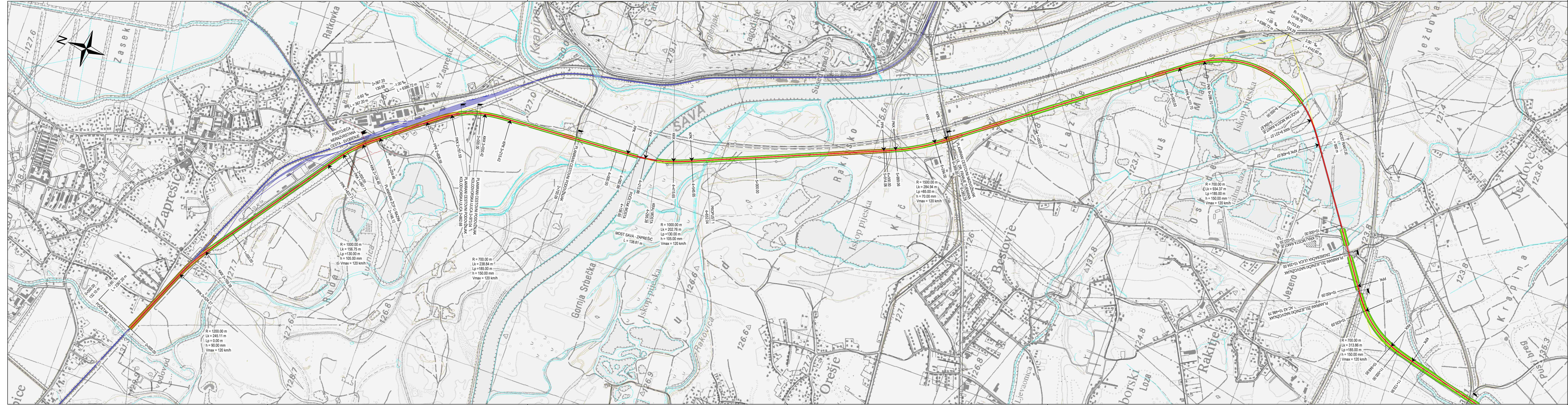
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijanta rješenja dvokolosječne željezničke pruge za teretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegi:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 0082054252
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC		
SITUACIJA PRUGE VARIJANTE 1 od 0+000.00 km do 11+000.00 km			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000	Broj priloga:	2.11



- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za treretni promet Horvati - Zaprešić
Smjer:	PROMETNICE		
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 0082054252
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC		
SITUACIJA PRUGE VARIJANTE 1 OD 11+000.00 km DO 21+000.00 km			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000	Broj priloga:	2.12



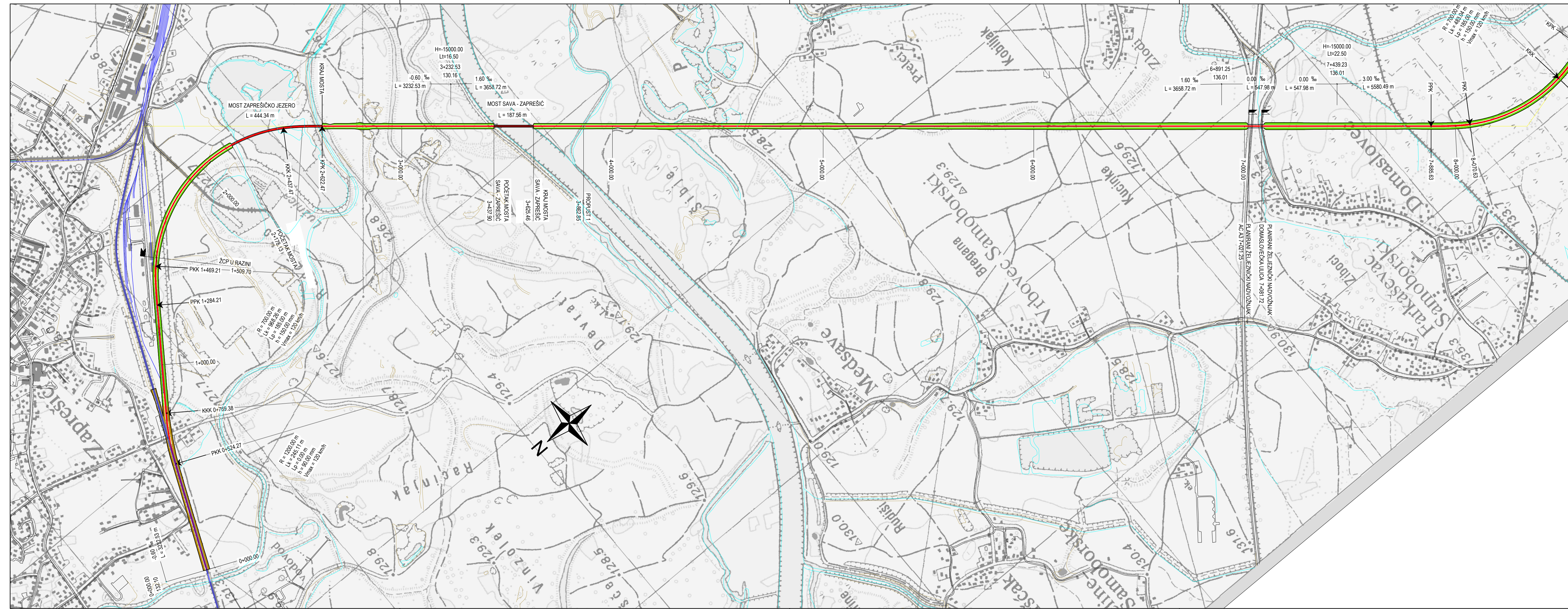
- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOZNAK
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOZNAK

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD	
Studij: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada: Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za teretni promet Horvati - Zaprešić
Smjer: PROMETNICE	Kolegi: PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA
Ak. god.: 2022/2023	Kandidat: ANTONIO TOMC, 0082054252
Nadzorni nastavnik: izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Naziv priloga: SITUACIJA PRUGE VARIJANTE 2 OD 0+000.00 DO km 11+238.65
Datum izrade: 20. rujna 2023.	Datum obrane: 28. rujna 2023.
Mjerilo priloga: 1:10.000	Broj priloga: 2.2.1



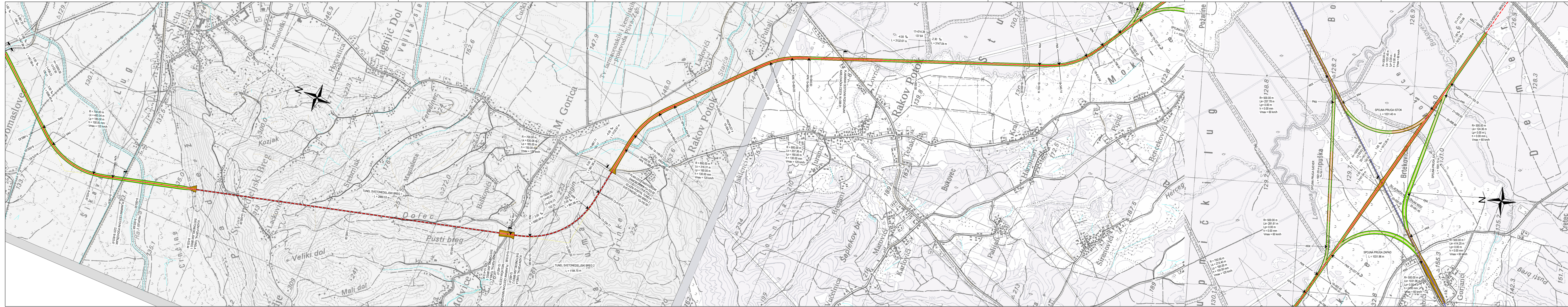
- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOZNJAK
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOZNJAK

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD		
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za teretni promet Horvati - Zaprešić
Kolegi:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA	
Ak. god.:	2022/2023	
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:
		ANTONIO TOMC, 82054252
Naziv priloga: SITUACIJA PRUGE VARIJANTE 2 OD 11+238.65 DO 20+799.74 KM		
Datum izrade:	Datum obrane:	Mjerilo priloga:
20. rujna 2023.	28. rujna 2023.	1:10.000
		Broj priloga:
		2.2.2



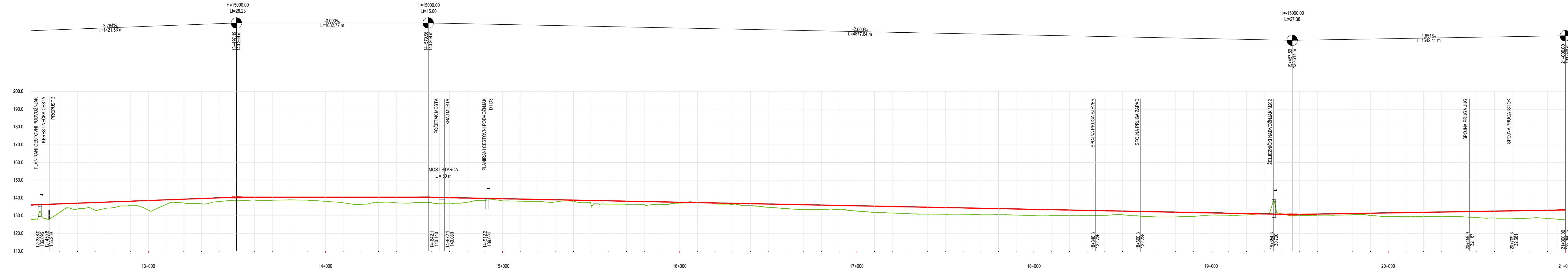
- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - | PRUGA U TUNELU
 - | ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIELAZ
 - | KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - | KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za treretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	ANTONIO TOMC, 82054252	
SITUACIJA PRUGE VARIJANTE 3 OD 0+000.00 DO 8+070.63 KM			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000	Broj priloga:	2.3.1



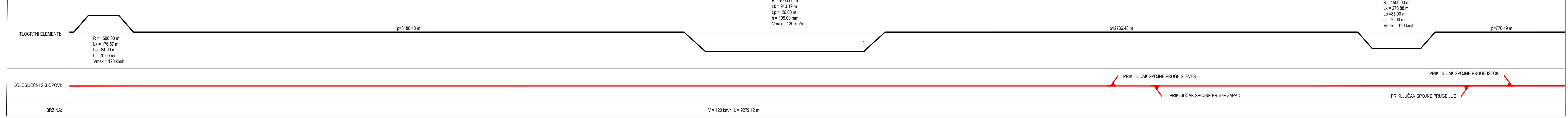
- LEGENDA:
- OS PRUGE
 - PRUGA U TUNELU
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ
 - KRIZANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOZNAK
 - KRIZANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOZNAK

GRADEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smer:	PROMETNICE	Varijantna rešenja dvokolosne željezničke	
Kolegi:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA	pruge za tretni promet Horvati - Zaprješić	
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 82054252
SITUACIJA PRUGE VARIJANTE 3 OD 8+070.63 DO 21+773.70 KM			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000	Broj priloga:	2.3.2



- LEGENDA:
- NIVELETA PRUGE
 - ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 - KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK

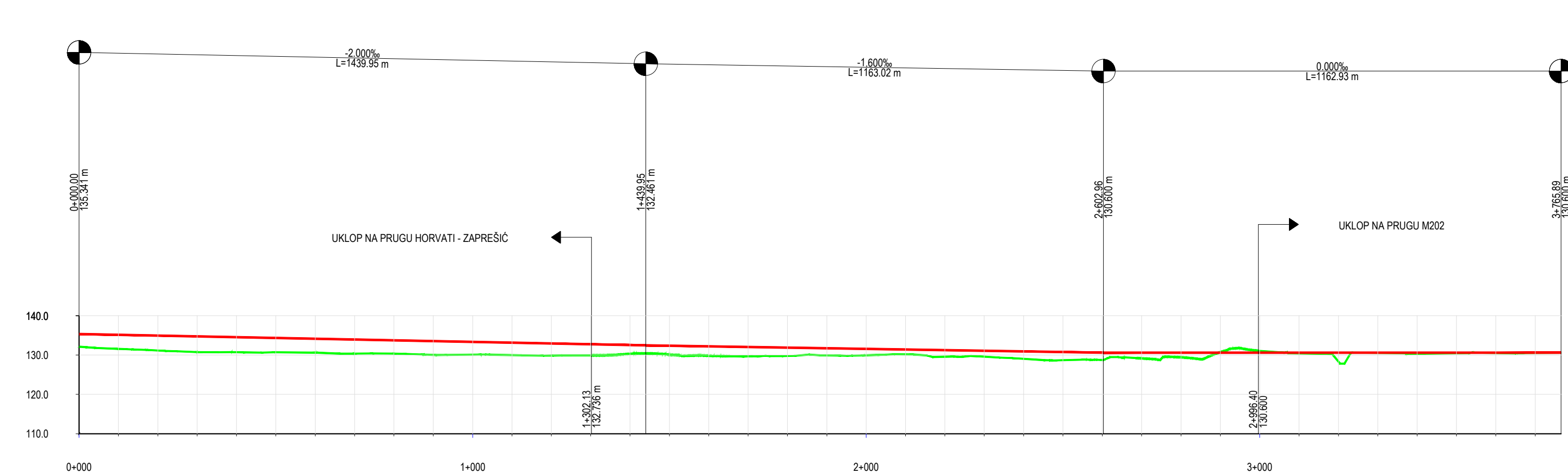
KOTE TERENA:	128.66	131.74	133.64	132.86	134.35	135.62	133.03	136.21	136.99	136.57	137.84	138.26	138.16	138.50	138.76	138.56	137.90	137.12	137.12	137.19	137.08	136.87	137.40	138.37	138.24	138.01	137.86	137.62	137.96	136.00	136.37	136.20	136.06	136.05	136.97	137.39	136.64	136.28	135.45	134.61	133.84	133.28	133.32	133.45	132.46	131.76	131.35	130.93	130.70	130.62	130.85	130.37	130.41	130.17	130.04	130.07	129.89	129.91	130.01	130.38	129.59	129.15	129.17	129.47	130.17	130.08	130.30	131.05	130.84	129.94	130.08	130.11	130.39	129.89	129.44	129.27	129.31	129.45	129.36	128.75	128.54	128.43	128.50	128.25	127.56		
KOTE NIVELETE:	136.14	136.52	136.89	137.27	137.65	138.02	138.40	138.77	139.15	139.53	139.90	140.25	140.27	140.27	140.27	140.27	140.27	140.27	140.27	140.27	140.23	140.03	139.83	137.40	139.63	139.43	139.23	139.03	138.83	138.63	138.43	138.23	138.03	137.83	137.63	137.43	137.23	137.03	136.83	136.63	136.43	136.23	136.03	135.83	135.63	135.43	135.23	135.03	134.83	134.63	134.43	134.23	134.03	133.83	133.63	133.43	133.23	133.03	129.89	129.91	130.01	130.38	130.38	130.08	130.30	130.83	130.63	130.88	130.75	130.91	131.08	131.08	131.24	131.41	131.57	131.74	131.90	132.07	132.23	132.40	132.56	132.73	132.89	133.06			
STACIONAŽA:	12+400.00	12+500.00	12+600.00	12+700.00	12+800.00	12+900.00	13+000.00	13+100.00	13+200.00	13+300.00	13+400.00	13+500.00	13+600.00	13+700.00	13+800.00	13+900.00	14+000.00	14+100.00	14+200.00	14+300.00	14+400.00	14+500.00	14+600.00	14+700.00	14+800.00	14+900.00	15+000.00	15+100.00	15+200.00	15+300.00	15+400.00	15+500.00	15+600.00	15+700.00	15+800.00	15+900.00	16+000.00	16+100.00	16+200.00	16+300.00	16+400.00	16+500.00	16+600.00	16+700.00	16+800.00	16+900.00	17+000.00	17+100.00	17+200.00	17+300.00	17+400.00	17+500.00	17+600.00	17+700.00	17+800.00	17+900.00	18+000.00	18+100.00	18+200.00	18+300.00	18+400.00	18+500.00	18+600.00	18+700.00	18+800.00	18+900.00	19+000.00	19+100.00	19+200.00	19+300.00	19+400.00	19+500.00	19+600.00	19+700.00	19+800.00	19+900.00	20+000.00	20+100.00	20+200.00	20+300.00	20+400.00	20+500.00	20+600.00	20+700.00	20+800.00	20+900.00	21+000.00



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za treretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegiji:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023	Kandidat:	
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	ANTONIO TOMC, 0082054252	
Naziv priloga:			
UZDUŽNI PRESJEK PRUGE VARIJANTE 1 OD 12+400.00 DO km 21+000.00			
Datum izrade:	Datum obrane:	Mjerilo priloga:	Broj priloga:
20. rujna 2023.	28. rujna 2023.	1:10.000/1000	3.1.2

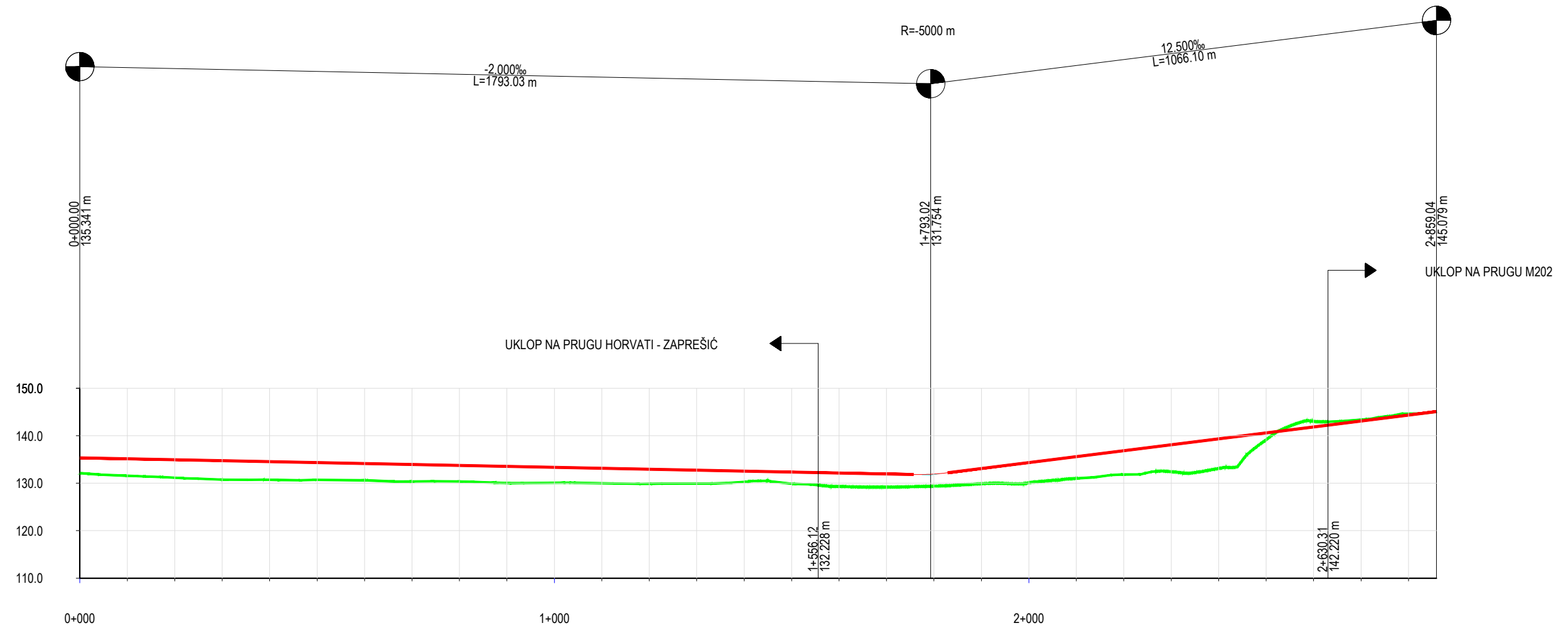
V = 120 km/h, L = 9279.12 m

SPOJNA PRUGA SJEVER



KOTE TERENA:	132.12	131.56	131.15	130.75	130.72	130.71	130.61	130.36	130.37	130.02	130.08	129.98	129.88	129.91	130.30	130.06	129.82	129.67	129.77	129.92	129.93	130.14	129.57	129.59	129.03	128.69	128.74	129.15	129.42	130.73	131.06	130.42	128.35	130.54	130.30	130.44	130.52	130.53												
KOTE NIVELETE:	135.34	135.14	134.94	134.74	134.54	134.34	134.14	133.94	133.74	133.54	133.34	133.14	132.94	132.74	132.54	132.36	132.20	132.04	131.90	131.76	131.62	131.48	131.34	131.20	131.06	130.92	130.78	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60			
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00	2+800.00	2+900.00	3+000.00	3+100.00	3+200.00	3+300.00	3+400.00	3+500.00	3+600.00	3+700.00	3+800.00	3+900.00	4+000.00									
TLOCRTNI ELEMENTI:	p=1302.13 m										R= 1500.00 m Lk= 349.78 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										p=1033.58 m										R= 1500.00 m Lk= 319.91 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										p=769.49 m									

SPOJNA PRUGA ZAPAD



KOTE TERENA:	132.12	131.56	131.15	130.75	130.72	130.71	130.61	130.36	130.37	130.02	130.08	129.98	129.88	129.91	130.28	129.89	129.30	129.17	129.38	129.89	129.89	130.11	131.00	131.83	132.41	133.11	133.14	133.02	143.02	143.37	144.64																			
KOTE NIVELETE:	135.34	135.14	134.94	134.74	134.54	134.34	134.14	133.94	133.74	133.54	133.34	133.14	132.94	132.74	132.54	132.34	132.14	131.94	131.91	133.09	134.34	135.59	136.84	138.09	139.34	140.59	141.84	143.09	144.34	145.59	146.84																			
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00	2+800.00	2+900.00	3+000.00	3+100.00	3+200.00	3+300.00	3+400.00	3+500.00	3+600.00	3+700.00	3+800.00	3+900.00	4+000.00									
TLOCRTNI ELEMENTI:	p=1556.13 m										R= 500.00 m Lk= 546.17 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										p=163.87 m										R= 500.00 m Lk= 364.14 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										p=228.74 m									

LEGENDA:
 NIVELETA PRUGE

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

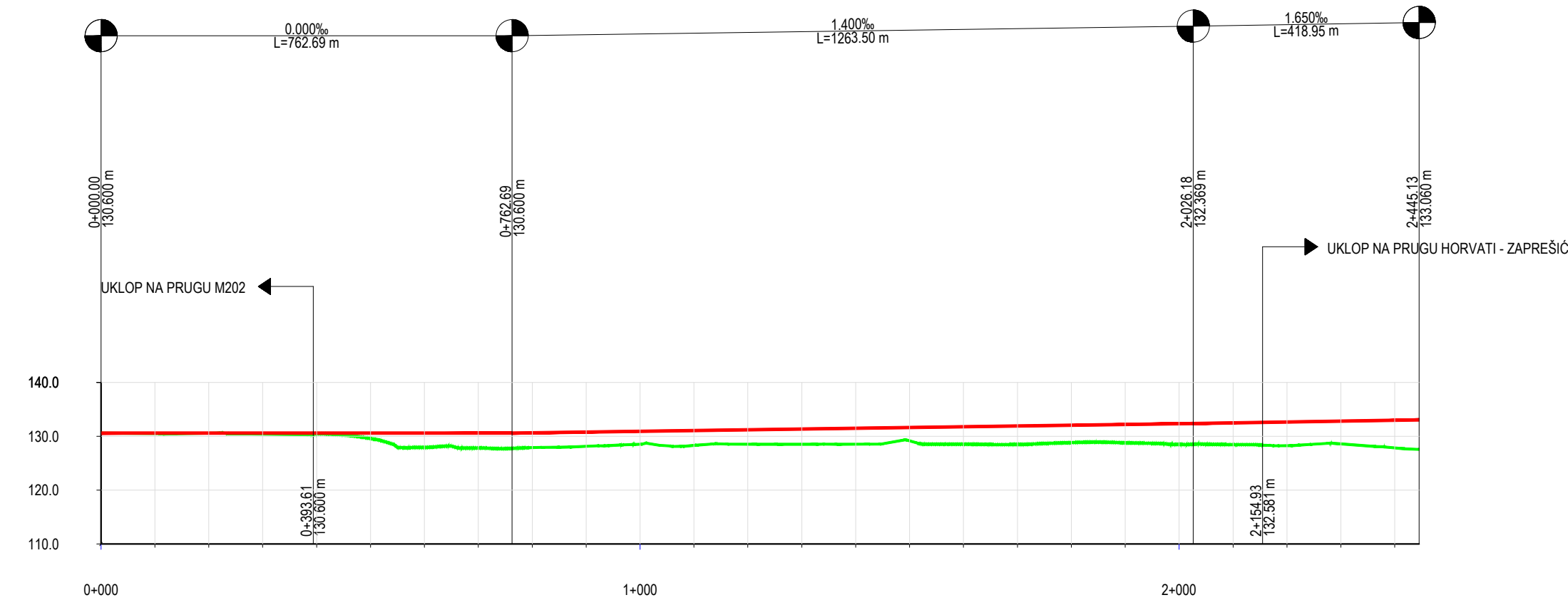
Studij: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI
 Smjer: PROMETNICE
 Kolegij: PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA
 Ak. god.: 2022/2023
 Nadzorni nastavnik: izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC
 Kandidat: ANTONIO TOMC, 0082054252

Tema diplomskog rada:
Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za treretni promet Horvati - Zaprešić

Naziv priloga:
UZDUŽNI PRESJECI SPOJNIH PRUGA VARIJANTE 1

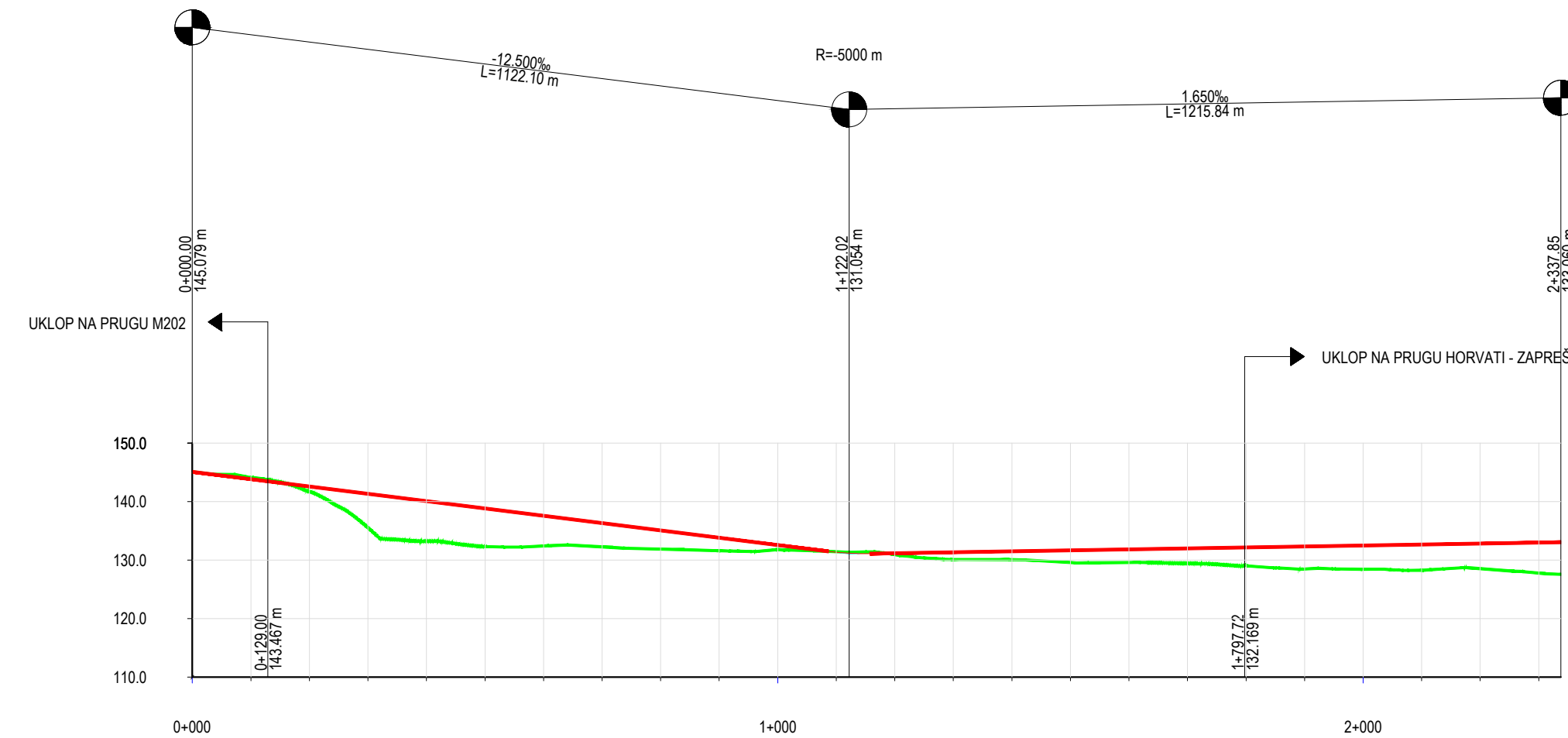
Datum izrade: 20. rujna 2023.
 Datum obrane: 28. rujna 2023.
 Mjerilo priloga: 1:10.000/1000
 Broj priloga: 3.1.3

SPOJNA PRUGA ISTOK



KOTE TERENA:	130.60	130.50	130.58	130.39	130.46	129.59	127.93	127.83	127.91	128.15	128.53	128.31	128.53	128.52	128.54	129.16	128.53	128.46	128.83	128.79	128.49	128.45	128.25	128.59	127.86
KOTE NIVELETE:	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.60	130.65	130.79	130.93	131.07	131.21	131.35	131.49	131.63	131.77	131.91	132.05	132.19	132.33	132.49	132.65	132.82	132.98
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00
TLOCRTNI ELEMENTI:	R= 1500.00 m Lk= 392.04 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										R= 500.00 m Lk= 165.78 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h														
	p=393.61 m					p=729.92 m										p=290.20 m									

SPOJNA PRUGA JUG

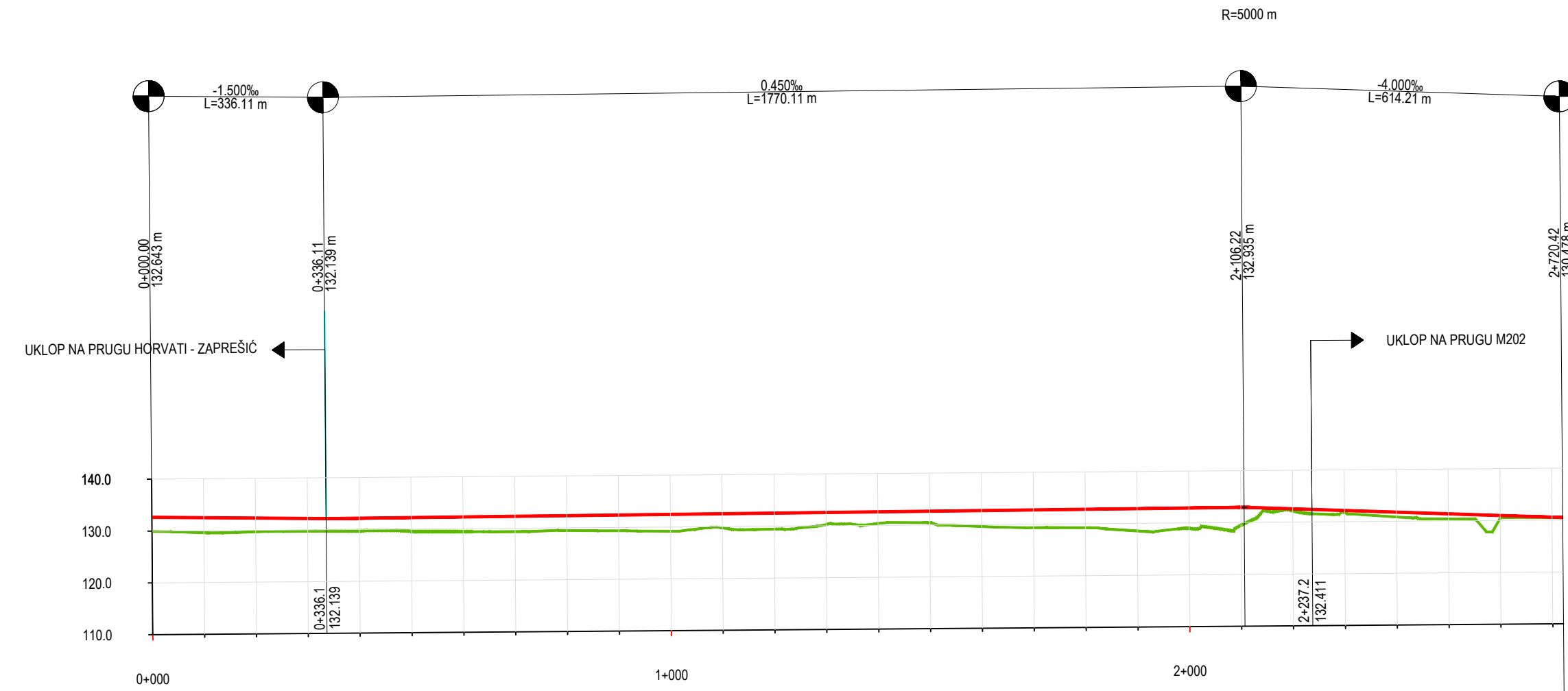


KOTE TERENA:	145.08	144.11	141.70	135.55	133.22	132.31	132.41	132.26	131.28	131.60	131.81	131.43	130.94	130.10	130.08	129.58	129.59	129.43	129.13	128.46	128.44	128.26	128.54	127.79
KOTE NIVELETE:	145.00	143.83	142.98	141.33	140.08	138.83	137.58	136.33	135.08	133.83	132.58	131.35	131.16	131.35	131.52	131.68	131.85	132.01	132.16	132.34	132.51	132.67	132.84	133.00
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00
TLOCRTNI ELEMENTI:	R= 500.00 m Lk= 373.34 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										R= 500.00 m Lk= 165.78 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h													
	p=129.00 m					p=1129.59 m										p=540.13 m								

LEGENDA:
 NIVELETA PRUGE

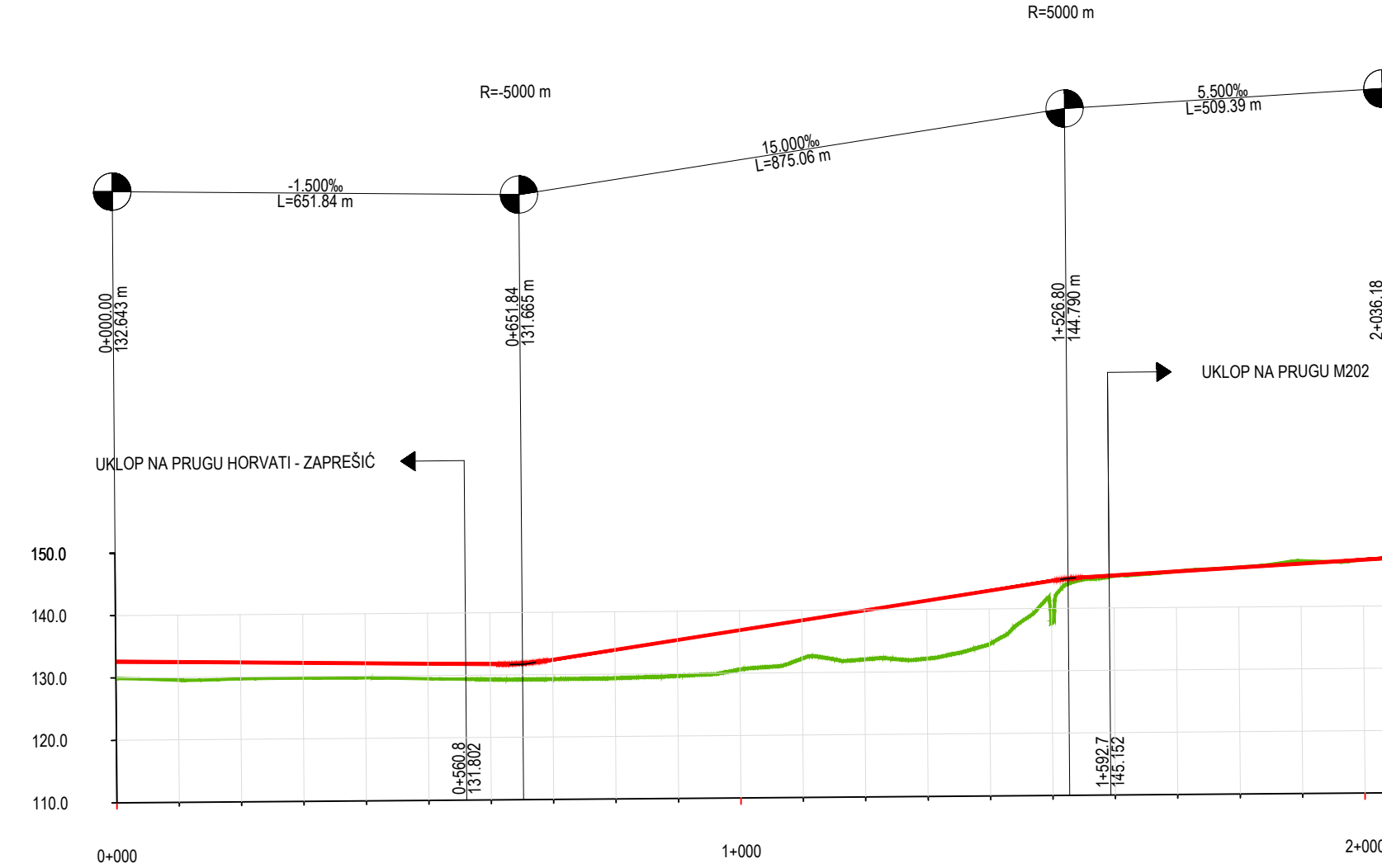
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za tretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 0082054252
Naziv priloga:			
UZDUŽNI PRESJECI SPOJNIH PRUGA VARIJANTE 1			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000/1000	Broj priloga:	3.1.4

SPOJNA PRUGA SJEVER



KOTE TERENA:	129.92	129.88	129.70	129.74	129.71	129.55	129.41	129.34	129.48	129.33	129.16	129.74	129.43	130.24	130.35	130.43	129.62	129.32	129.23	128.53	128.97	129.47	132.19	131.73	130.83	130.37	130.44	130.50	
KOTE NIVELETE:	132.64	132.49	132.34	132.19	132.17	132.21	132.26	132.30	132.35	132.39	132.44	132.48	132.53	132.57	132.62	132.66	132.71	132.75	132.80	132.84	132.89	132.93	132.56	132.16	131.76	130.83	130.37	130.44	130.56
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00	
TLOCRTNI ELEMENTI:	<p>R= 500.00 m Lk= 281.61 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h</p> <p>p=336.11 m</p>																<p>R= 500.00 m Lk= 257.78 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h</p> <p>p=1361.66 m</p>										<p>p=483.26 m</p>		

SPOJNA PRUGA ZAPAD

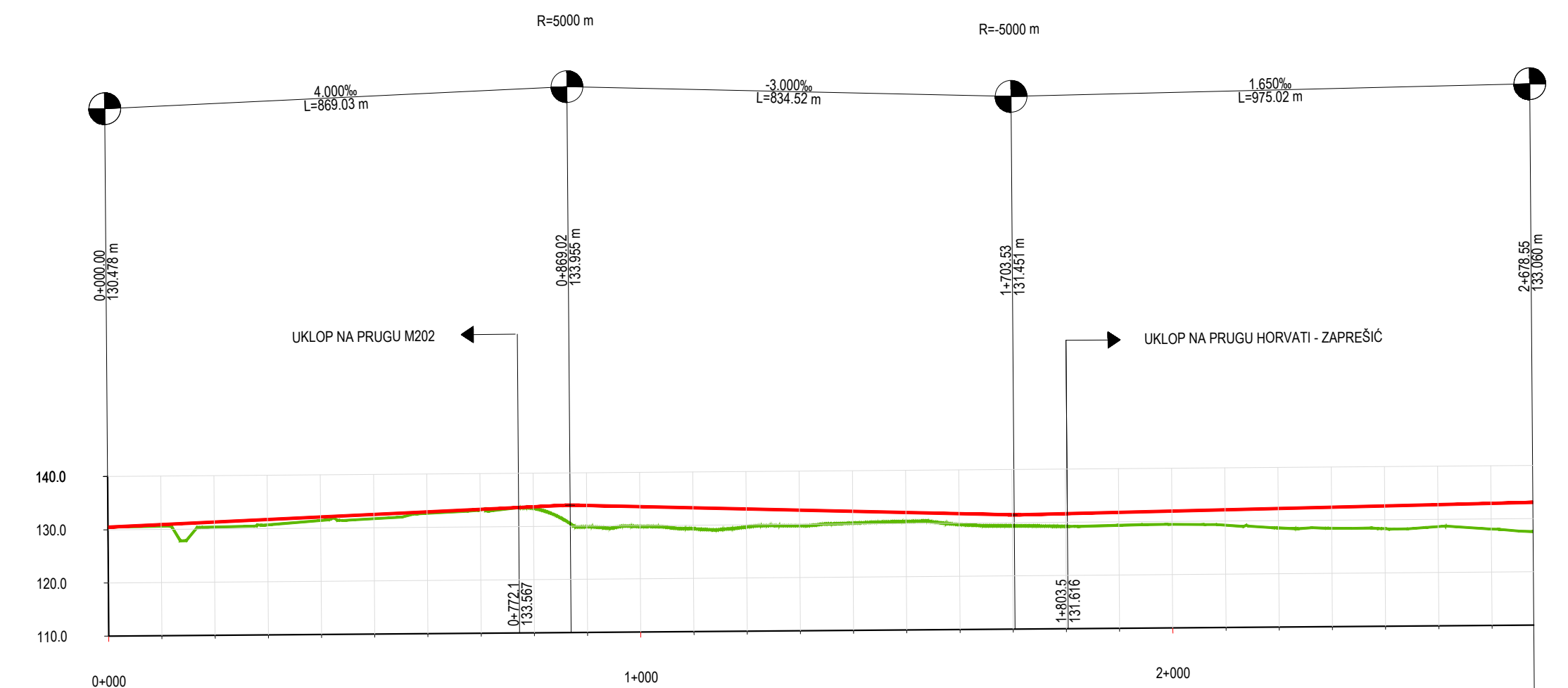


KOTE TERENA:	129.92	129.58	129.70	129.74	129.71	129.49	129.30	129.27	129.34	129.63	130.58	132.26	132.05	132.09	134.33	137.63	145.05	145.77	146.34	147.30	147.43	
KOTE NIVELETE:	132.64	132.49	132.34	132.19	132.04	131.89	131.74	132.39	133.89	135.39	136.89	138.39	139.89	141.39	142.89	144.39	145.19	145.74	146.29	146.84	147.39	
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	
TLOCRTNI ELEMENTI:	<p>p=560.76 m</p>																<p>R= 500.00 m Lk= 1031.96 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h</p>					<p>p=443.46 m</p>

LEGENDA:
 NIVELETA PRUGE

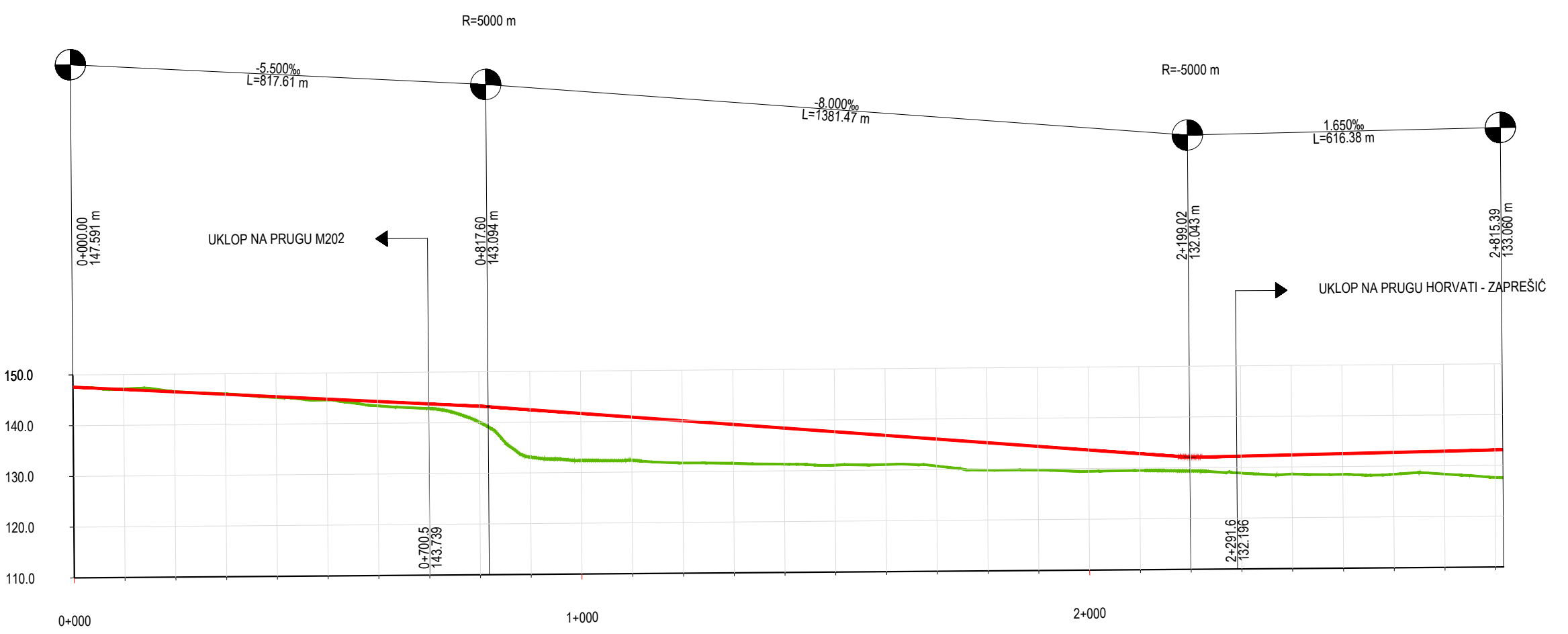
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za tretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 82054252
UZDUŽNI PRESJECI SPOJNIH PRUGA VARIJANTE 2			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000/1000	Broj priloga:	3.2.3

SPOJNA PRUGA ISTOK



KOTE TERENA:	130.48	130.88	130.99	130.88	131.28	130.34	130.68	131.43	131.68	132.63	133.18	133.38	129.84	129.83	129.36	129.57	129.75	130.15	130.39	129.73	129.41	129.23	129.35	129.45	129.23	128.64	128.46	128.33	128.63	128.09	127.56
KOTE NIVELETE:	130.48	130.88	131.28	130.88	132.08	131.43	132.46	132.88	133.28	133.18	133.68	133.86	129.84	129.83	133.26	132.96	132.66	132.36	132.06	131.76	131.47	131.61	131.78	131.94	132.11	132.27	132.44	132.60	132.77	132.93	133.06
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00	2+800.00		
TLOCRTNI ELEMENTI:	<p>$p=772.13\text{ m}$</p> <p>$R=500.00\text{ m}$ $L_k=1031.40\text{ m}$ $L_p=0.00\text{ m}$ $h=0.00\text{ mm}$ $V_{max}=60\text{ km/h}$</p>																	<p>$p=875.02\text{ m}$</p>													

SPOJNA PRUGA JUG



KOTE TERENA:	147.59	147.16	146.57	146.03	145.23	144.66	143.44	142.85	140.07	133.11	132.35	132.33	131.71	131.56	131.31	131.05	131.10	130.73	129.84	129.78	129.44	128.54	128.37	128.87	128.61	128.45	128.40	128.37	127.63
KOTE NIVELETE:	147.59	147.04	146.49	145.94	145.39	144.84	144.29	143.74	143.19	142.44	141.64	140.84	140.04	139.24	138.44	137.64	136.84	136.04	135.24	134.44	133.64	132.84	132.10	132.21	132.37	132.54	132.70	132.87	133.03
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00	2+800.00
TLOCRTNI ELEMENTI:	<p>$p=703.93\text{ m}$</p> <p>$R=500.00\text{ m}$ $L_k=414.25\text{ m}$ $L_p=0.00\text{ m}$ $h=0.00\text{ mm}$ $V_{max}=60\text{ km/h}$</p>																	<p>$p=992.34\text{ m}$</p> <p>$R=500.00\text{ m}$ $L_k=124.36\text{ m}$ $L_p=0.00\text{ m}$ $h=0.00\text{ mm}$ $V_{max}=60\text{ km/h}$</p>											

LEGENDA:
 NIVELETA PRUGE

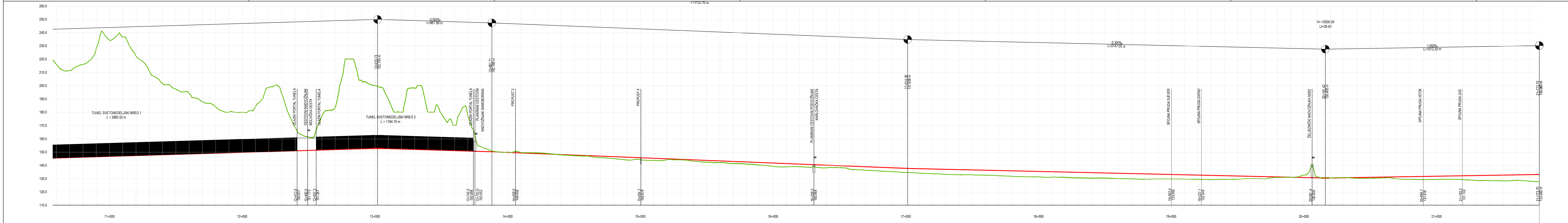
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

Studij: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI
 Smjer: PROMETNICE
 Kolegij: PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA
 Ak. god.: 2022/2023
 Nadzorni nastavnik: izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC
 Naziv priloga: UZDUŽNI PRESJECI SPOJNIH PRUGA VARIJANTE 2

Tema diplomskog rada:
Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za tretni promet Horvati - Zaprešić

Kandidat: ANTONIO TOMC, 82054252

Datum izrade: 20. rujna 2023.
 Datum obrane: 28. rujna 2023.
 Mjerilo priloga: 1:10.000/1000
 Broj priloga: 3.2.4



KOTE TERENA:	216.02 211.40 216.02 227.96 234.37 236.63 222.38 211.04 201.66 197.26 194.26 187.94 183.99 180.09 179.87 184.12 198.65 184.49 188.31 161.25 176.75 183.38 220.00 203.67 198.98 190.13 180.00 198.20 180.00 179.17 170.00 177.69 154.07 184.43 149.87 149.74 149.43 148.87 147.89 147.29 146.99 146.73 145.02 141.33 140.84 140.13 139.16 138.79 138.93 139.76 138.06 138.25 136.72 136.27 135.16 132.86 132.93 132.57 132.15 131.71 131.39 131.31 131.09 130.92 130.54 130.31 130.38 130.00 129.84 129.54 129.74 129.73 128.65 128.44 128.44 128.25 128.34 128.51 128.98 128.66 128.85 129.44 129.98 129.22 129.22 129.36 129.44 129.19 128.61 128.48 128.28 128.66 128.08 127.56
KOTE NIVELETA:	145.50 146.80 146.10 146.40 146.70 147.00 147.30 147.60 147.90 148.20 148.50 148.80 149.10 149.40 149.70 150.00 150.30 150.60 150.90 151.20 151.50 151.80 152.10 152.40 152.70 153.00 153.30 153.60 153.90 154.20 154.50 154.80 155.10 155.40 155.70 156.00 156.30 156.60 156.90 157.20 157.50 157.80 158.10 158.40 158.70 159.00 159.30 159.60 159.90 160.20 160.50 160.80 161.10 161.40 161.70 162.00 162.30 162.60 162.90 163.20 163.50 163.80 164.10 164.40 164.70 165.00 165.30 165.60 165.90 166.20 166.50 166.80 167.10 167.40 167.70 168.00 168.30 168.60 168.90 169.20 169.50 169.80 170.10 170.40 170.70 171.00 171.30 171.60 171.90 172.20 172.50 172.80 173.10 173.40 173.70 174.00 174.30 174.60 174.90 175.20 175.50 175.80 176.10 176.40 176.70 177.00 177.30 177.60 177.90 178.20 178.50 178.80 179.10 179.40 179.70 180.00 180.30 180.60 180.90 181.20 181.50 181.80 182.10 182.40 182.70 183.00 183.30 183.60 183.90 184.20 184.50 184.80 185.10 185.40 185.70 186.00 186.30 186.60 186.90 187.20 187.50 187.80 188.10 188.40 188.70 189.00 189.30 189.60 189.90 190.20 190.50 190.80 191.10 191.40 191.70 192.00 192.30 192.60 192.90 193.20 193.50 193.80 194.10 194.40 194.70 195.00 195.30 195.60 195.90 196.20 196.50 196.80 197.10 197.40 197.70 198.00 198.30 198.60 198.90 199.20 199.50 199.80 200.10 200.40 200.70 201.00 201.30 201.60 201.90 202.20 202.50 202.80 203.10 203.40 203.70 204.00 204.30 204.60 204.90 205.20 205.50 205.80 206.10 206.40 206.70 207.00 207.30 207.60 207.90 208.20 208.50 208.80 209.10 209.40 209.70 210.00 210.30 210.60 210.90 211.20 211.50 211.80 212.10 212.40 212.70 213.00 213.30 213.60 213.90 214.20 214.50 214.80 215.10 215.40 215.70 216.00 216.30 216.60 216.90 217.20 217.50 217.80 218.10 218.40 218.70 219.00 219.30 219.60 219.90 220.20 220.50 220.80 221.10 221.40 221.70 222.00 222.30 222.60 222.90 223.20 223.50 223.80 224.10 224.40 224.70 225.00 225.30 225.60 225.90 226.20 226.50 226.80 227.10 227.40 227.70 228.00 228.30 228.60 228.90 229.20 229.50 229.80 230.10 230.40 230.70 231.00 231.30 231.60 231.90 232.20 232.50 232.80 233.10 233.40 233.70 234.00 234.30 234.60 234.90 235.20 235.50 235.80 236.10 236.40 236.70 237.00 237.30 237.60 237.90 238.20 238.50 238.80 239.10 239.40 239.70 240.00 240.30 240.60 240.90 241.20 241.50 241.80 242.10 242.40 242.70 243.00 243.30 243.60 243.90 244.20 244.50 244.80 245.10 245.40 245.70 246.00 246.30 246.60 246.90 247.20 247.50 247.80 248.10 248.40 248.70 249.00 249.30 249.60 249.90 250.20 250.50 250.80 251.10 251.40 251.70 252.00 252.30 252.60 252.90 253.20 253.50 253.80 254.10 254.40 254.70 255.00 255.30 255.60 255.90 256.20 256.50 256.80 257.10 257.40 257.70 258.00 258.30 258.60 258.90 259.20 259.50 259.80 260.10 260.40 260.70 261.00 261.30 261.60 261.90 262.20 262.50 262.80 263.10 263.40 263.70 264.00 264.30 264.60 264.90 265.20 265.50 265.80 266.10 266.40 266.70 267.00 267.30 267.60 267.90 268.20 268.50 268.80 269.10 269.40 269.70 270.00 270.30 270.60 270.90 271.20 271.50 271.80 272.10 272.40 272.70 273.00 273.30 273.60 273.90 274.20 274.50 274.80 275.10 275.40 275.70 276.00 276.30 276.60 276.90 277.20 277.50 277.80 278.10 278.40 278.70 279.00 279.30 279.60 279.90 280.20 280.50 280.80 281.10 281.40 281.70 282.00 282.30 282.60 282.90 283.20 283.50 283.80 284.10 284.40 284.70 285.00 285.30 285.60 285.90 286.20 286.50 286.80 287.10 287.40 287.70 288.00 288.30 288.60 288.90 289.20 289.50 289.80 290.10 290.40 290.70 291.00 291.30 291.60 291.90 292.20 292.50 292.80 293.10 293.40 293.70 294.00 294.30 294.60 294.90 295.20 295.50 295.80 296.10 296.40 296.70 297.00 297.30 297.60 297.90 298.20 298.50 298.80 299.10 299.40 299.70 300.00
STACIONAŽA:	10+600.00 10+700.00 10+800.00 10+900.00 11+000.00 11+100.00 11+200.00 11+300.00 11+400.00 11+500.00 11+600.00 11+700.00 11+800.00 11+900.00 12+000.00 12+100.00 12+200.00 12+300.00 12+400.00 12+500.00 12+600.00 12+700.00 12+800.00 12+900.00 13+000.00 13+100.00 13+200.00 13+300.00 13+400.00 13+500.00 13+600.00 13+700.00 13+800.00 13+900.00 14+000.00 14+100.00 14+200.00 14+300.00 14+400.00 14+500.00 14+600.00 14+700.00 14+800.00 14+900.00 15+000.00 15+100.00 15+200.00 15+300.00 15+400.00 15+500.00 15+600.00 15+700.00 15+800.00 15+900.00 16+000.00 16+100.00 16+200.00 16+300.00 16+400.00 16+500.00 16+600.00 16+700.00 16+800.00 16+900.00 17+000.00 17+100.00 17+200.00 17+300.00 17+400.00 17+500.00 17+600.00 17+700.00 17+800.00 17+900.00 18+000.00 18+100.00 18+200.00 18+300.00 18+400.00 18+500.00 18+600.00 18+700.00 18+800.00 18+900.00 19+000.00 19+100.00 19+200.00 19+300.00 19+400.00 19+500.00 19+600.00 19+700.00 19+800.00 19+900.00 20+000.00 20+100.00 20+200.00 20+300.00 20+400.00 20+500.00 20+600.00 20+700.00 20+800.00 20+900.00 21+000.00 21+100.00 21+200.00 21+300.00 21+400.00 21+500.00 21+600.00 21+700.00 21+800.00 21+900.00 21+1000.00 21+173.70
TLOCRTNI ELEMENTI:	=3781.01 m R = 700.00 m Lk = 630.08 m Lp = 185.00 m h = 150.00 mm Vmax = 120 km/h p=468.76 m R = 800.00 m Lk = 316.31 m Lp = 160.00 m h = 130.00 mm Vmax = 120 km/h p=831.87 m R = 800.00 m Lk = 207.36 m Lp = 150.00 m h = 130.00 mm Vmax = 120 km/h p=2171.09 m R = 700.00 m Lk = 273.40 m Lp = 185.00 m h = 150.00 mm Vmax = 120 km/h p=2975.16 m
KOLOSIJEČNI SKLOPOVI:	PRIKLJUČAK SPOJNE PRUGE SJEVER PRIKLJUČAK SPOJNE PRUGE ZAPAD PRIKLJUČAK SPOJNE PRUGE JUG PRIKLJUČAK SPOJNE PRUGE ISTOK
BRZINA:	120 km/h, L = 21773.70 m

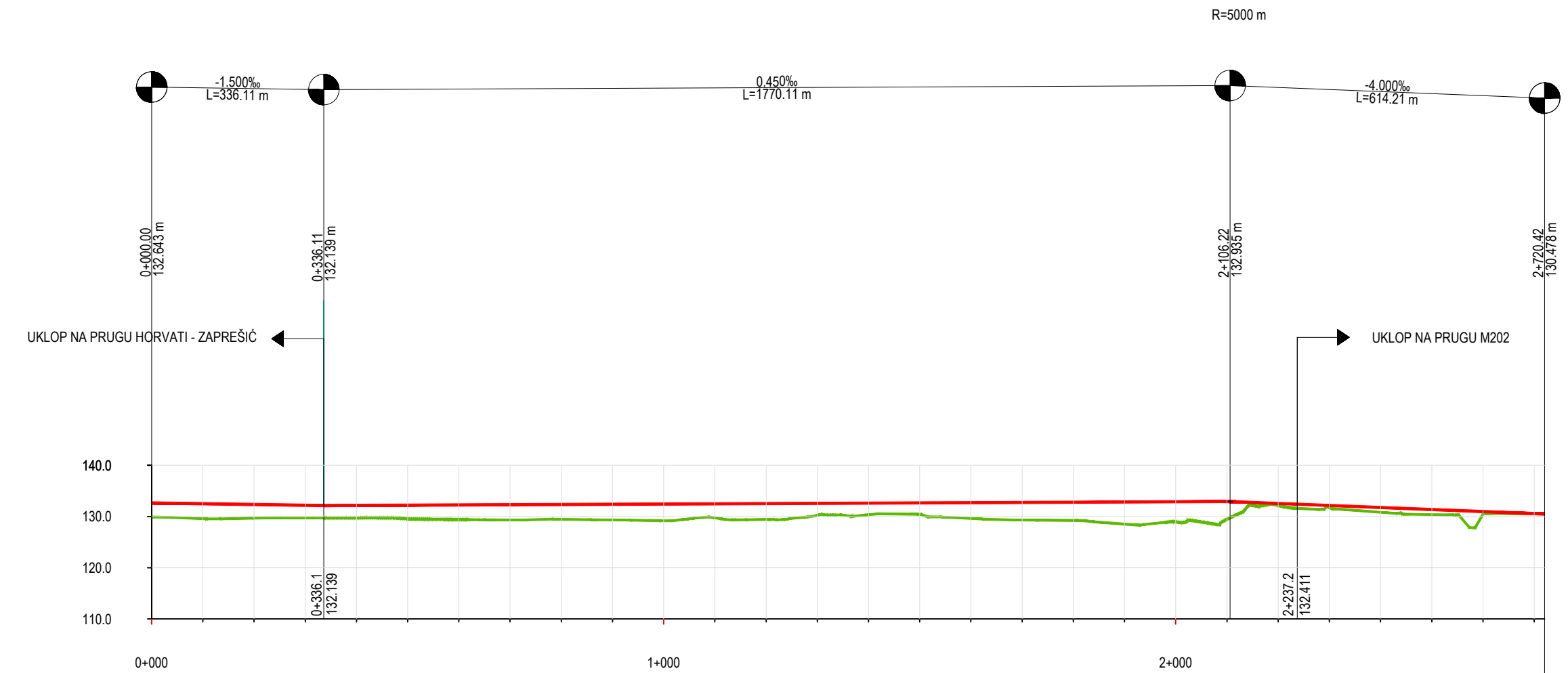
LEGENDA:
 NIVELETA PRUGE
 ŽELJEZNIČKO CESTOVNI PRIJELAZ
 KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI PODVOŽNJAK
 KRIŽANJE PRUGE I CESTE VAN RAZINE - CESTOVNI NADVOŽNJAK

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD

Studij: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI Tema diplomskog rada: PROMETNICE
Smjer: PROMETNICE
Kolegij: PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA
Ak. god.: 2022/2023
Nadzorni nastavnik: Kandidat: ANTONIO TOMC, 82054252
Naziv priloga: **UZDUŽNI PRESJEK VARIJANTE 3 OD 10+600.00 DO 21+773.70 KM**

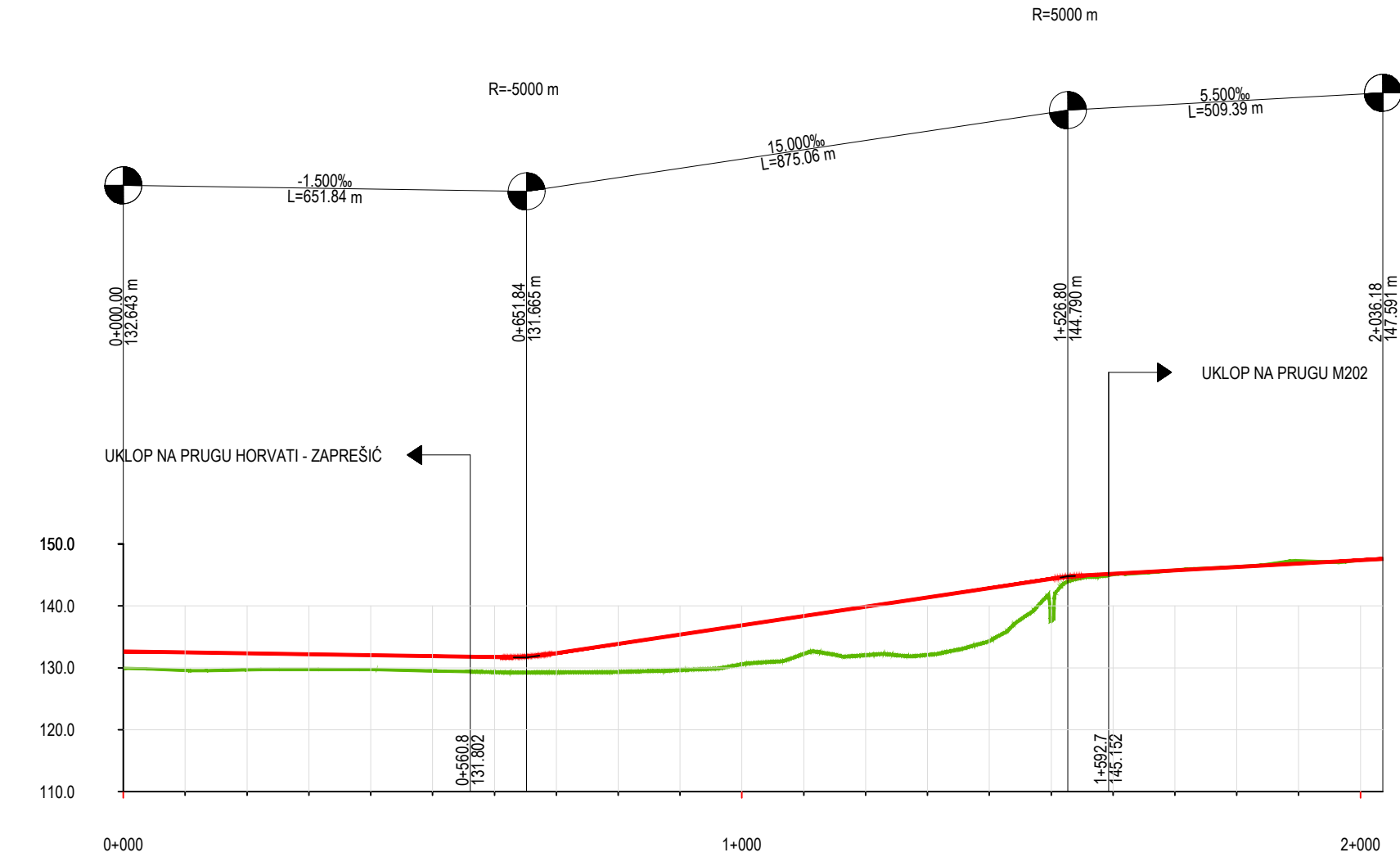
Datum izrade: 20. rujna 2023. Datum obrane: 28. rujna 2023. Mjerilo priloga: 1:10.000/1000 Broj priloga: 3.3.2

SPOJNA PRUGA SJEVER



KOTE TERENA:	129.92	129.58	129.70	129.74	129.71	129.55	129.41	129.34	129.48	129.33	129.16	129.74	129.43	130.24	130.35	130.43	129.62	129.32	129.23	128.53	128.97	129.47	132.19	131.73	130.83	130.37	130.44	130.50
KOTE NIVELETE:	132.64	132.49	132.34	132.19	132.17	132.21	132.26	132.30	132.35	132.39	132.44	132.48	132.53	132.57	132.62	132.66	132.71	132.75	132.80	132.84	132.89	132.93	132.96	133.16	131.76	131.36	130.96	130.95
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00
TLOCRTNI ELEMENTI:	R= 500.00 m Lk= 281.61 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h p=336.11 m															R= 500.00 m Lk= 257.78 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h p=1361.66 m										R= 500.00 m Lk= 483.26 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h p=483.26 m		

SPOJNA PRUGA ZAPAD

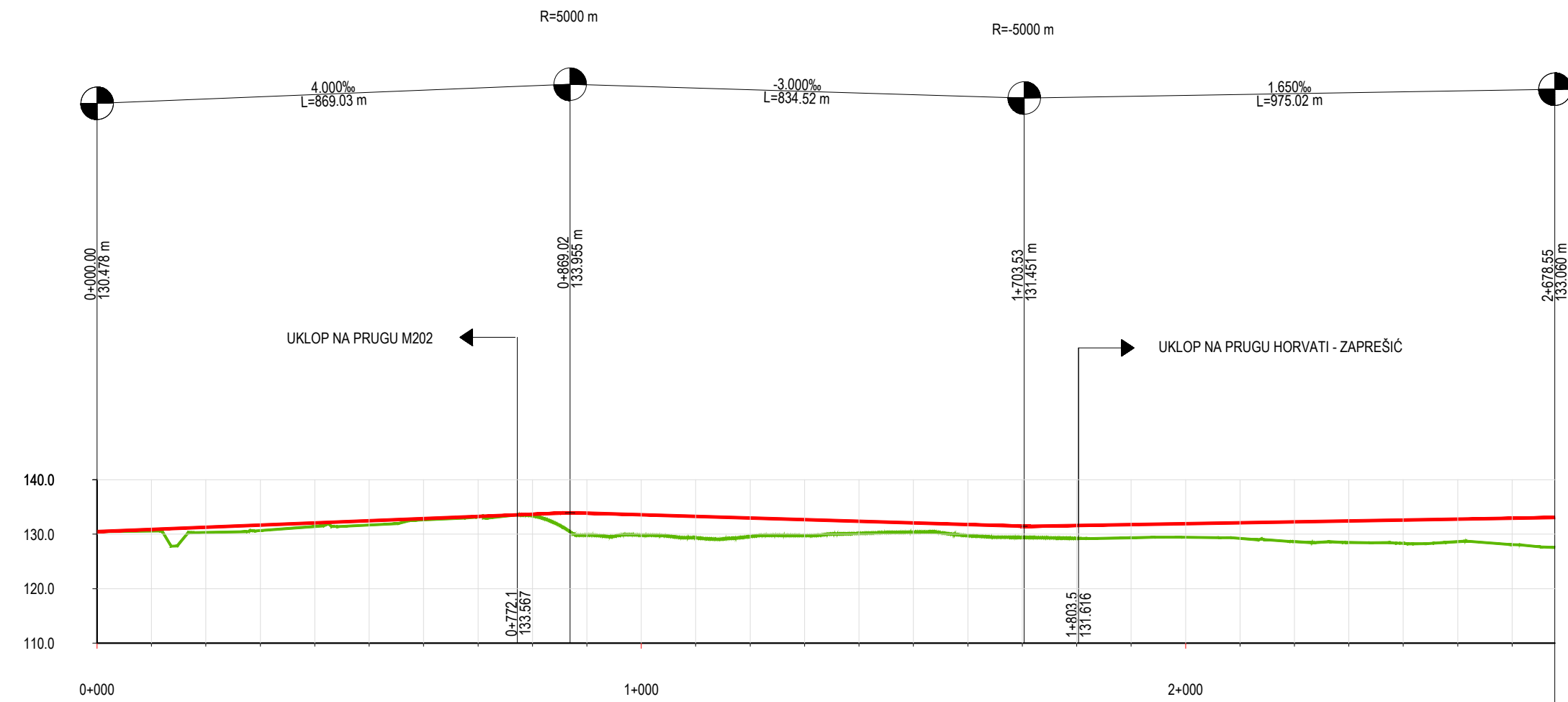


KOTE TERENA:	129.92	129.58	129.70	129.74	129.71	129.49	129.30	129.27	129.34	129.63	130.58	132.26	132.05	132.09	134.33	137.63	145.05	145.77	146.34	147.30	147.43
KOTE NIVELETE:	132.64	132.49	132.34	132.19	132.04	131.89	131.74	132.39	133.89	135.39	136.89	138.39	139.89	141.39	142.89	144.39	145.19	145.74	146.29	146.84	147.39
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00
TLOCRTNI ELEMENTI:	R= 500.00 m Lk= 1031.96 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h p=560.76 m															R= 500.00 m Lk= 443.46 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h p=443.46 m					

LEGENDA:
 NIVELETA PRUGE

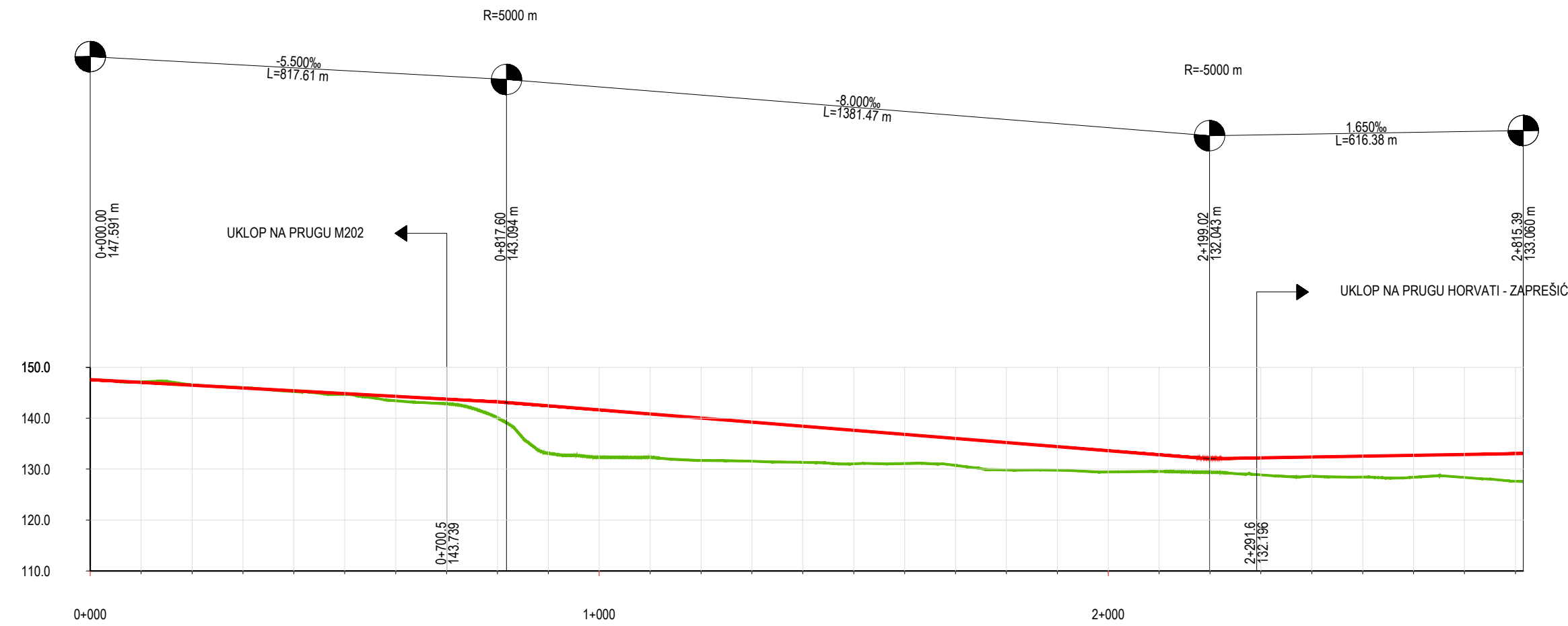
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za tretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 82054252
Naziv priloga:			
UZDUŽNI PRESJECI SPOJNIH PRUGA VARIJANTE 3			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000/1000	Broj priloga:	3.3.3

SPOJNA PRUGA ISTOK



KOTE TERENA:	130.48	130.88	130.99	130.34	130.68	131.43	131.68	132.63	133.18	133.39	129.84	129.83	129.36	129.57	129.75	130.15	130.39	129.73	129.41	129.23	129.35	129.45	129.23	128.64	128.48	128.33	128.63	128.09	127.56
KOTE NIVELETE:	130.48	130.88	131.28	130.34	131.68	132.08	132.46	132.88	133.28	133.68	133.86	133.56	133.26	132.96	132.66	132.36	132.06	131.76	131.47	131.61	131.78	131.94	132.11	132.27	132.44	132.60	132.77	132.93	133.06
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00		
TLOCRTNI ELEMENTI:	p=772.13 m										R= 500.00 m Lk= 1031.40 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										p=875.02 m								

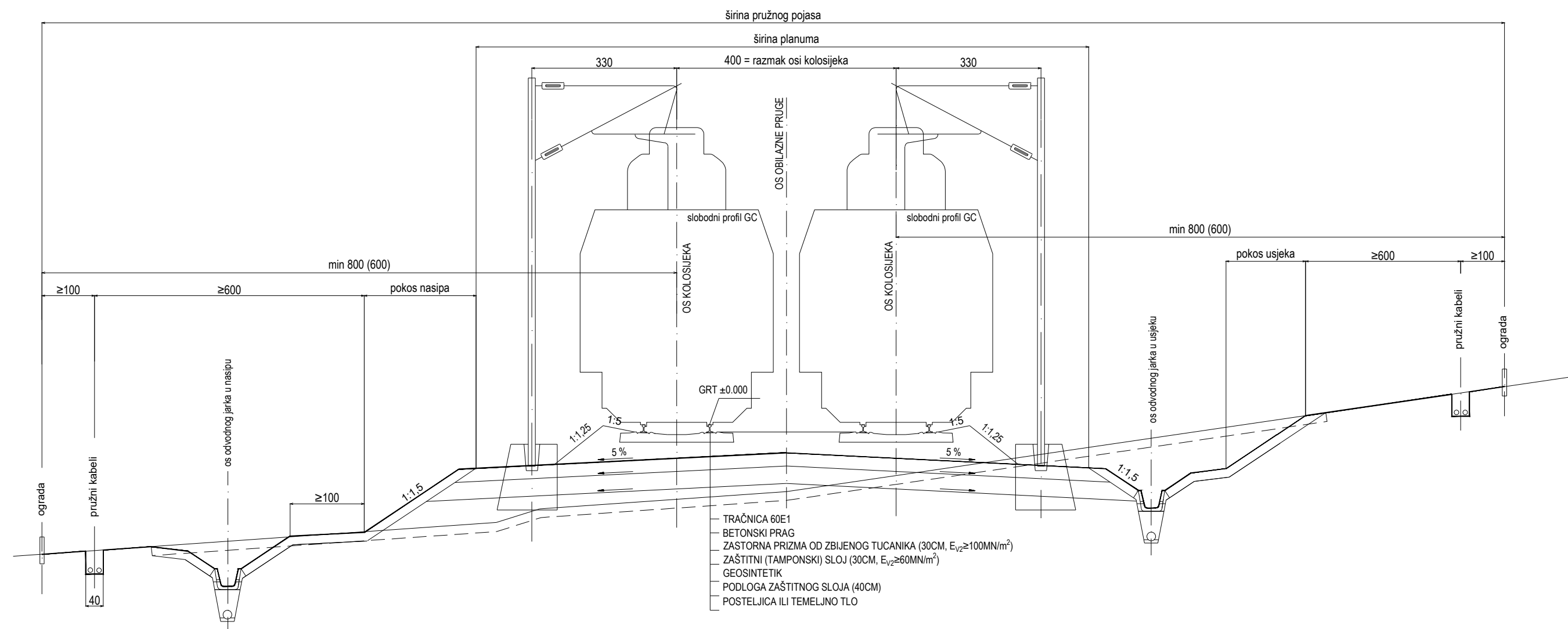
SPOJNA PRUGA JUG



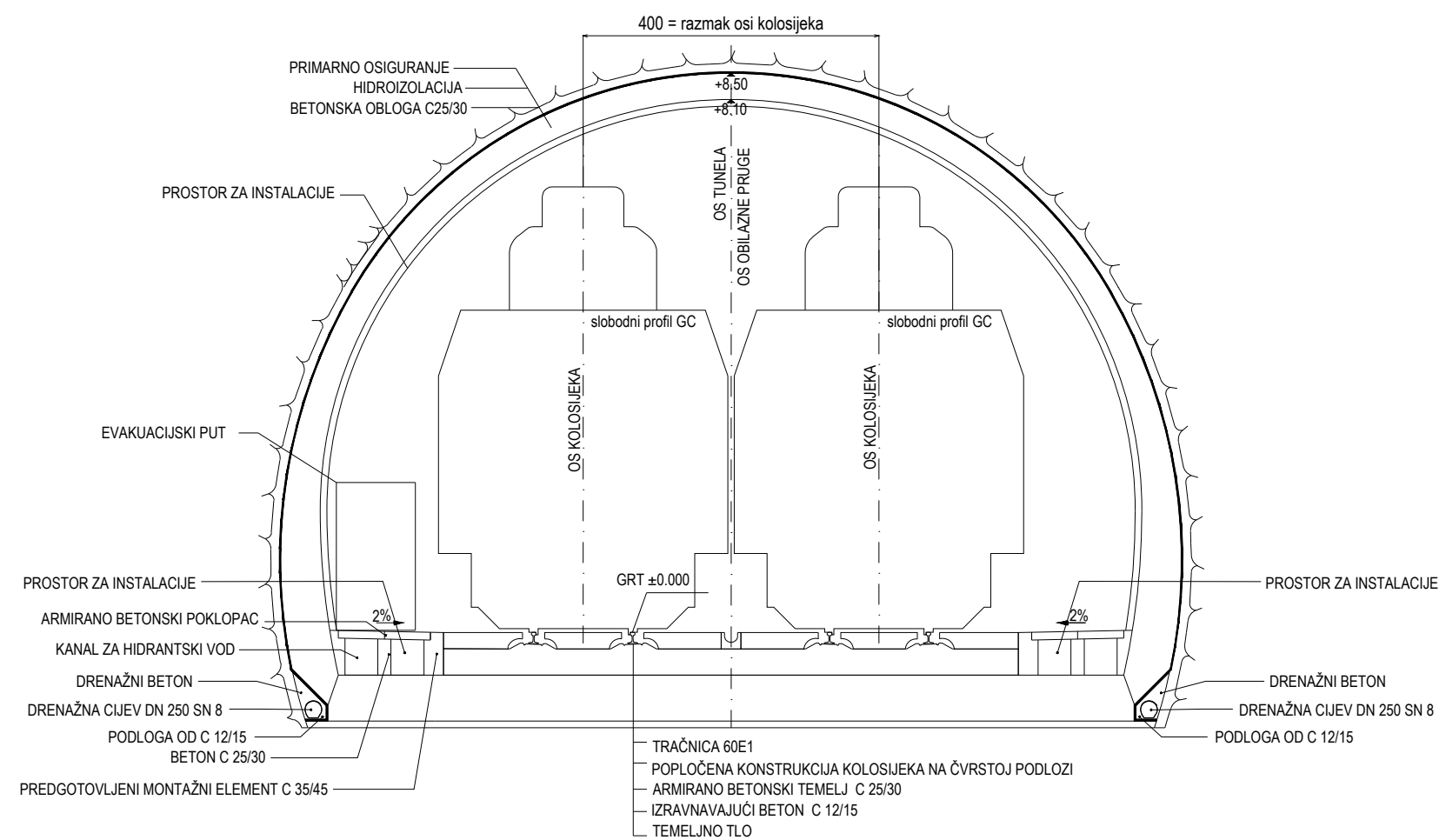
KOTE TERENA:	147.59	147.16	146.57	146.03	145.23	144.66	143.44	142.85	140.07	133.11	132.35	132.33	131.71	131.56	131.31	131.05	131.10	130.73	129.84	129.78	129.44	129.54	129.37	128.87	128.61	128.45	128.40	128.37	127.63									
KOTE NIVELETE:	147.59	147.04	146.49	145.94	145.39	144.84	144.29	143.74	143.19	142.44	141.64	140.84	140.04	139.24	138.44	137.64	136.84	136.04	135.24	134.44	133.64	132.84	132.10	132.21	132.37	132.54	132.70	132.87	133.03									
STACIONAŽA:	0+000.00	0+100.00	0+200.00	0+300.00	0+400.00	0+500.00	0+600.00	0+700.00	0+800.00	0+900.00	1+000.00	1+100.00	1+200.00	1+300.00	1+400.00	1+500.00	1+600.00	1+700.00	1+800.00	1+900.00	2+000.00	2+100.00	2+200.00	2+300.00	2+400.00	2+500.00	2+600.00	2+700.00	2+800.00									
TLOCRTNI ELEMENTI:	p=703.93 m										R= 500.00 m Lk= 414.25 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h										p=992.34 m						R= 500.00 m Lk= 124.36 m Lp= 0.00 m h = 0.00 mm Vmax = 60 km/h						p=580.51 m					

LEGENDA:
— NIVELETA PRUGE

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za tretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	izv.prof.doc.dr.sc. MAJA AHAC	Kandidat:	ANTONIO TOMC, 82054252
Naziv priloga:			
UZDUŽNI PRESJECI SPOJNIH PRUGA VARIJANTE 3			
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:10.000/1000	Broj priloga:	3.3.4



- TRAČNICA 60E1
- BETONSKI PRAG
- ZASTORNA PRIZMA OD ZBIJENOG TUCANIKA (30CM, $E_{v2} \geq 100MN/m^2$)
- ZAŠTITNI (TAMPONSKI) SLOJ (30CM, $E_{v2} \geq 60MN/m^2$)
- GEOSINETIK
- PODLOGA ZAŠTITNOG SLOJA (40CM)
- POSTELJICA ILI TEMELJNO TLO



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU - DIPLOMSKI RAD			
Studij:	DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI	Tema diplomskog rada:	
Smjer:	PROMETNICE	Varijantna rješenja dvokolosječne željezničke pruge za treretni promet Horvati - Zaprešić	
Kolegij:	PROJEKTIRANJE I GRAĐENJE ŽELJEZNICA		
Ak. god.:	2022/2023		
Nadzorni nastavnik:	Izv.prof.dr.sc. MAJA AHAC	Diplomant/ica:	ANTONIO TOMC, 0082054252
Naziv priloga:		Normalni poprečni presjeci dvokolosječne pruge u zasjeku i tunelu	
Datum izrade:	20. rujna 2023.	Datum obrane:	28. rujna 2023.
Mjerilo priloga:	1:100	Broj priloga:	4.