

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Gregor Rakar

**Rekonstrukcija železniške proge Ljubljana -
Sežana za $v_{max} \geq 160$ km/h (odsek Postojna -
Divača)**

Diplomska naloga št.: 2845

Mentor:
prof. dr. Bogdan Zgonc

Somentor:
mag. Blagomir Černe

Ljubljana, 27. 10. 2005

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.11(497.4)(043.2)
Avtor: Gregor Rakar
Mentor: prof. dr. Bogdan Zgonc
Naslov: Rekonstrukcija železniške proge Ljubljana – Sežana za
 $V_{\max} \geq 160$ km/h (odsek Postojna – Divača)
Obseg in oprema: 83 str., 18 pregl., 13 sl., 26 prilog
Ključne besede: železnice, rekonstrukcija, Ljubljana, Postojna, Divača

Izvleček

Predstavljena je možna rekonstrukcija železniške proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača za $V_{\max} \geq 160$ km/h ob upoštevanju naslednjih izhodišč: opredelitev koridorja, pri tem pa čim večja izraba obstoječega koridorja in proge, vodenje skozi obstoječe postaje oziroma vodenje mimo postaj z navezavami na obstoječe postaje, minimalni posegi v okolje ter nizki stroški izgradnje.

V diplomskem delu je najprej predstavljeno obstoječe stanje železniške proge, vključenost v evropske prometne koridorje, prometni podatki ter navezanost na progo Divača – Koper in bodoči drugi tir. Predstavljene so dosedaj projektirane variante tako hitre kot tudi konvencionalne proge. V nadaljevanju so primerjana določila iz Pravilnika o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, po katerem je projektirana nova varianta, ter Slovenskega standarda SIST ENV 13803-1:2004 – »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog – Tirne širine 1435 mm in več«, kjer sem ugotovil možna povečanja hitrosti pri novi varianti, če bi pri projektiranju upošteval navedeni standard. Nova varianta je bila izdelana v programu AutoCAD 2002 na osnovi topografskih kart TK25 in TTN5000 ter digitalnega modela terena. V tehničnem poročilu sem poleg opisa nove variante izračunal tudi približne stroške izgradnje ter s simulacijo v programu Microsoft Train Simulator ugotovil vozne čase različnih hipotetičnih vlakov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.11(497.4)(043.2)
Author: Gregor Rakar
Supervisor: prof. dr. Bogdan Zgonc
Title: Reconstruction of railway line Ljubljana – Sežana for $V_{\max} \geq 160$ km/h (section Postojna – Divača)
Notes: 83 p., 18 tab., 13 fig., 26 ann.
Keywords: railway, reconstruction, Ljubljana, Postojna, Divača

Summary

Here in this graduation thesis I presented possible reconstruction of a railway line Ljubljana – Sežana, section Postojna – Divača for $V_{\max} \geq 160$ km/h. Starting points for reconstruction are: defining corridor and at the same time use of existing corridor and railway as much as possible, going through existing railway stations or passing by stations with links to existing ones, minimal damage to environment and low cost of construction.

It begins with presentation of condition of current railway, incorporation into European traffic corridors, traffic data and connection to railway line Divača – Koper and future second railway track on this line. Presented are so far projected variants of high speed railway and conventional railway. Next there are regulations from Slovenian book of regulations for designing railways (Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog) compared to European prestandard ENV 12803-1: Railway applications – Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider. I found possible increasing of speeds, when using European prestandard at designing railway rather than using Slovenian regulations. However in designing of railway Slovenian regulations were used.

Project for new railway was made in AutoCAD 2002 application on a basis of topographic maps TK25 and TTN5000 and digital elevation model. In technical report of new railway I also made an approximation of construction costs and with simulation in Microsoft Train Simulator program I determined approximate train schedules for various hypothetical trains.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil vsem, ki so mi kakorkoli pomagali pri izdelavi te diplomske naloge: mentorju prof. Bogdanu Zgoncu, somentorju mag. Blagomiru Černetu, mag. Matiji Jermanu in ostalim uslužbencem SŽ Projektivnega podjetja Ljubljana za praktično pomoč, Marku Žagarju za pomoč pri izdelavi simulacije in vsem ostalim, ki so prav tako prispevali svojo pomoč in znanje. Zahvaljujem se tudi svoji družini za podporo tekom študija.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Vključenost proge Ljubljana – Sežana v evropske transportne koridorje	2
2	PROMETNI POLOŽAJ PROGE	6
2.1	Zgodovina Južne železnice	6
2.2	Analiza obstoječega stanja	6
2.3	Nekateri pomembnejši parametri trase na odseku Postojna – Divača	8
2.4	Prometno stanje proge Ljubljana – Sežana, odsek Ljubljana – Divača	10
2.5	Pomen Luke Koper	12
2.6	Drugi tir proge Divača – Koper	14
3	KRITIČNA PRESOJA PREDLAGANIH VARIANT LJUBLJANA – DIVAČA – SEŽANA	16
3.1	Variante proge za visoke hitrosti	16
3.1.1	Varianta A	16
3.1.2	Varianta I	17
3.1.3	Varianta M	18
3.1.4	Varianta P	18
3.2	Variante za konvencionalne hitrosti	19
3.2.1	Varianta rekonstrukcije za 160 km/h	19
3.3	Splošno mnenje o variantah	20
4	TEORETSKA IZHODIŠČA ZA PROJEKTIRANJE NOVE VARIANTE ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA – DIVAČA	22
4.1	Načrtovanje koridorjev in variant – teoretične osnove	22
4.2	Izhodišča za načrtovanje rekonstrukcije proge Ljubljana – Divača	23
4.3	Splošno o novi progi Ljubljana – Divača	24
4.4	Horizontalni elementi	25
4.4.1	Krožni lok	25
4.4.1.1	Teoretska izhodišča in zahteve iz Pravilnika	25

4.4.1.2	Navedbe iz Standarda SIST ENV 13803-1, »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog«	31
4.4.2	Prehodnice	33
4.4.2.1	Teoretska izhodišča in navedbe iz Pravilnika	33
4.4.2.2	Navedbe iz Standarda SIST ENV 13803-1, »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog«	36
4.4.3	Določila za vlake z nagibno tehniko	37
4.5	Vertikalni elementi	38
4.5.1	Nagib nivelete	38
4.5.2	Določanje vzdolžnega profila	39
4.6	Svetli profil	39
4.7	Izračuni elementov	40
4.7.1	Najmanjši dovoljeni polmer krožnega loka	40
4.7.2	Uporabljeni trasni elementi	41
5.0	TEHNIČNI OPIS PROJEKTIRANE VARIANTE ZA 160 KM/H LJUBLJANA – SEŽANA	47
5.1	Opis poteka nove variante	47
5.1.1	Opis poteka odseka Ljubljana – Postojna	47
5.1.1.1	Horizontalni potek trase Ljubljana – Postojna	47
5.1.1.2	Višinski potek trase Ljubljana – Postojna	51
5.1.2	Opis poteka odseka Postojna – Divača	52
5.1.2.1	Opis horizontalnega poteka trase Postojna – Divača	52
5.1.2.2	Višinski potek trase Postojna – Divača	58
5.1.3	Priključki na postaje na odseku Postojna - Divača	59
5.1.3.1	Horizontalni potek priključka Postojna	59
5.1.3.2	Višinski potek priključka Postojna	60
5.1.3.3	Horizontalni potek priključka Prestranek	60
5.1.3.4	Višinski potek priključka Prestranek	60
5.1.3.5	Horizontalni potek priključka Pivka	61
5.1.3.6	Višinski potek priključka Pivka	61
5.1.4	Obrazložitev izrednih omejitev hitrosti pod 160 km/h	61

5.1.5	Možnosti povečanja hitrosti na horizontalnih elementih variante ob upoštevanju novega standarda SIST ENV 13803-1	63
5.2	Postaje na progi Ljubljana – Divača	64
5.3	Spodnji ustroj	65
5.3.1	Geološke razmere na trasi	65
5.3.2	Izvedba usekov	65
5.3.3	Izvedba nasipov	66
5.4	Križanja cestnih komunikacij	66
5.5	Etapnost gradnje	66
5.6	Objekti	67
5.6.1	Nadvozi, podvozi in mostovi	67
5.6.2	Viadukti	69
5.6.3	Predori	70
5.7	Odsek Divača – Postojna	71
5.7.1	Splošni podatki o odseku Postojna – Divača	71
5.7.2	Propusti in podporni zidovi na odseku Postojna – Divača	72
5.7.3	Deviacije	73
5.7.4	Rušenja	73
5.7.5	Tirne zveze	74
5.7.6	Prevezave na obstoječo progo	74
5.8	Projektantski predračun	76
5.8.1	Povzetek – skupna groba ocena stroškov gradnje	76
5.9	Vplivi na okolje ter ukrepi za njihovo zmanjšanje	79
5.10	Približen izračun voznih časov	80
5.10.1	Vožnja lokalnega vlaka	80
5.10.2	Vožnja regionalnega vlaka	80
5.10.3	Vožnja direktnega vlaka	81
5.10.4	Vožnja direktnega vlaka z nagibno tehniko	81
5.11	Razna pojasnila	81
6	ZAKLJUČEK	82

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Pomembnejši parametri trase na odseku Postojna – Divača	9
Preglednica 2:	Statistika za odpravljene potnike med leti 1999 in 2003	11
Preglednica 3:	Statistika ladijskega pretovora v Luki Koper v letih 1996-2004	12
Preglednica 4:	Tabela elementov trase odprte proge med koncem postaje Divača in cepiščem Bivje pred postajo Koper	15
Preglednica 5:	Primerjava vrednosti za nadvišanja in bočni pospešek iz Standarda in Pravilnika	32
Preglednica 6:	Priporočene in največje mejne vrednosti sprememb nadvišanja po Pravilniku in Standardu	36
Preglednica 7:	Najmanjši dovoljeni polmeri za različne hitrosti	40
Preglednica 8:	Uporabljeni trasni elementi na novi progi	45
Preglednica 9:	Seznam podvozov in nadvozov na odseku Ljubljana – Divača	68
Preglednica 10:	Seznam viaduktov na trasi Ljubljana – Divača	69
Preglednica 11:	Seznam predorov na odseku Ljubljana – Divača	70
Preglednica 12:	Nekateri pomembnejši parametri na odseku Postojna – Divača	71
Preglednica 13:	Seznam propustov na odseku Postojna – Divača	72
Preglednica 14:	Podporni zidovi na odseku Postojna – Divača	73
Preglednica 15:	Seznam prevezovanj med staro in novo progo na odseku Postojna – Divača	75
Preglednica 16:	Skupna groba ocena stroškov gradnje	76
Preglednica 17:	Groba ocena stroškov na odseku Ljubljana – Postojna	77
Preglednica 18:	Groba ocena stroškov na odseku Postojna – Divača	78

KAZALO SLIK

Slika 1:	Železniško omrežje petega panevropskega prometnega koridorja	3
Slika 2:	Železniška os Lyon – Trst – Divača/Koper – Divača – Ljubljana – Budimpešta – ukrajinska meja	5
Slika 3:	Projekcija ladijskega pretovora v Luki Koper in prevozov po železnici do leta 2015	13
Slika 4:	Projekcija prometa na odseku Koper – Divača v naslednjih 10 letih	13
Slika 5:	Sile, ki delujejo v nadvišani krivini	26
Slika 6:	Diagram območja možnih nadvišanj v krivini	29
Slika 7:	Oblika premočrtne klančine	34
Slika 8:	Premočrtna prehodna klančina in prehodnica s premočrtno sliko ukrivljenosti	35
Slika 9:	Prikaz poteka trase po viaduktu V2 pri Štampetovem mostu preko avtoceste nad Vrhniko	49
Slika 10:	Prikaz poteka trase preko viadukta V5 pri avtocestnem viaduktu Ravbarkomanda	52
Slika 11:	Viadukt V8 pri Matenji vasi	53
Slika 12:	Prečenje doline z viaduktom V11 pri Gornjih Ležečah	56
Slika 13:	Prikaz poteka trase po pobočju nad vasjo Vremski Britof preko viaduktov V14 in V15	57

PRILOGE

- | | |
|---|------------------|
| List 1: Pregled variant nove proge Ljubljana – Sežana | M 1:100000 |
| List 2: Situacija proge Ljubljana – Sežana od km 0 do km 17 | M 1:25000 |
| List 3: Situacija proge Ljubljana – Sežana od km 16 do km 69 | M 1:25000 |
| List 4: Situacija proge Ljubljana – Sežana od km 67 do km 95+107 | M 1:25000 |
| List 5: Vzdolžni profil odseka Ljubljana – Divača od km 0 do km 24 | M 1:25000/1:2500 |
| List 6: Vzdolžni profil odseka Ljubljana – Divača od km 24 do km 48 | M 1:25000/1:2500 |
| List 7: Vzdolžni profil odseka Ljubljana – Divača od km 48 do km 72 | M 1:25000/1:2500 |
| List 8: Vzdolžni profil odseka Ljubljana – Divača od km 72 do km 95+103 | M 1:25000/1:2500 |
| List 9: Situacija proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača od km 61+752 do km 67+500 | M 1:5000 |
| List 10: Situacija proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača od km 61+752 do km 67+500 | M 1:5000 |
| List 11: Situacija proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača od km 61+752 do km 67+500 | M 1:5000 |
| List 12: Situacija proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača od km 61+752 do km 67+500 | M 1:5000 |
| List 13: Situacija proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača od km 61+752 do km 67+500 | M 1:5000 |
| List 14: Situacija proge Ljubljana – Sežana, odsek Postojna – Divača od km 61+752 do km 67+500 | M 1:5000 |
| List 15: Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 61+572 do km 66+500 | M 1:5000/1:500 |
| List 16: Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 66+500 do km 71+500 | M 1:5000/1:500 |
| List 17: Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 71+500 do km 76+400 | M 1:5000/1:500 |
| List 18: Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 76+400 do km 81+500 | M 1:5000/1:500 |

- List 19:** Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 81+500
do km 86+300 M 1:5000/1:500
- List 20:** Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 86+300
do km 91+000 M 1:5000/1:500
- List 21:** Vzdolžni profil odseka Postojna – Divača od km 91+000
do km 95+103 M 1:5000/1:500
- List 22:** Vzdolžni profil priključka Postojna M 1:5000/1:500
- List 23:** Vzdolžni profil priključka Prestranek M 1:5000/1:500
- List 24:** Vzdolžni profil priključka Pivka M 1:5000/1:500
- List 25:** Tirna shema proge Ljubljana – Divača SHEMA
- List 26:** Karakteristični prečni profil v nasipu
Karakteristični prečni profil v vkopu v apnencu M 1:100

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

b	bočni pospešek [m/s^2]
R	polmer krožnega loka v krivini [m]
R_{\min}	minimalni polmer krožnega loka v krivini [m]
L	dolžina [m]
V	hitrost [km/h]
V_{\max}	največja dovoljena hitrost [km/h]
h	nadvišanje [mm]
h_{\max}	največje dopustno nadvišanje [mm]
h_{\min}	najmanjše dopustno nadvišanje [mm]
Δh_p	primankljaj nadvišanja [mm]
Δh_v	višek nadvišanja [mm]
v_h	hitrost dviganja nadvišanja [mm/s^2]
i	vzdolžni nagib [%o]
H	kota nivelete [m]
R_v	polmer krožnega loka vertikalne zaokrožitve [m]
Pravilnik	Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog,
Standard	Slovenski standard SIST ENV 13803-1:2004 - »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog – Tirne širine 1435 mm in več

VIRI

Brilly B., 2004. Železniška proga Ljubljana – Jesenice za hitrost 160 km/h. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Drugi tir železniške proge Divača - Koper, Idejni projekt, Povzetek splošnega tehničnega opisa celotnega projekta, Ljubljana, SŽ Projektivno podjetje Ljubljana d.d., 2004

The Trans European Networks, European Commission, maj 2005
[URL: http://europa.eu.int/comm/ten/transport/index_en.htm]

Geološka karta Slovenije, merilo 1:500 000, Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 1993

Glušac B., 2005. Rekonstrukcija železniške proge na odseku Maribor – Šentilj. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jerman, M., 2003. Varianta P – alternativna trasa hitre proge med Ljubljano in Italijo. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Južna železnica, Enciklopedija Slovenije, Zvezek št. 4, Ljubljana, Mladinska knjiga, 1990, str. 363, Železnica, Enciklopedija Slovenije, Zvezek št. 15, Ljubljana, Mladinska knjiga, 2001, str. 301

Official Journal of the European Union: TEN-T Guidelines, str. L 201/38 [URL: http://europa.eu.int/comm/ten/transport/2005_03_31_tent_consultation/doc/tent_guidelines_en.pdf]

Pravilnik o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, Uradni list RS 14-572/03: 2043

Railroad Corridors Transportation Plans: A Guidance Manual, U.S. Department Of Transportation, Federal Railroad Administration, december 2002

Slovenski standard SIST ENV 13803-1:2004 - »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog – Tirne širine 1435 mm in več – 1. del: Odprta proga«, marec 2004

Statistika pretovora v Luki Koper – [URL: <http://www.luka-kp.si>]

Zakon o varnosti v železniškem prometu, Uradni list RS 14-3804/00: 9993

Zgonc, B., 1996. Železnice I. Projektiranje, gradnja in vzdrževanje prog. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Wikipedia – Railway transport [URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Railway_transport]

1 UVOD

Železniška proga Ljubljana – Sežana je ena izmed najpomembnejših na slovenskem železniškem omrežju, saj povezuje osrednji del države z njenim jugozahodnim delom in edinim slovenskim pristaniščem. Prav tako je pomembna mednarodno, saj se navezuje na italijansko železniško omrežje, ki vodi v Padsko nižino in nato naprej v zahodno Evropo. Tako je postala tudi del evropskih prometnih koridorjev, sprva petega panevropskega koridorja, ki povezuje Ukrajino in Italijo, v novejšem času pa tudi bodoči člen Transevropskega transportnega omrežja in sicer kot del prioritetnega projekta št. 6.

Železniška proga je bila zgrajena v 19. stoletju in od takrat ni doživela bistvenih sprememb. Njena največja pomanjkljivost je potek trase po razgibanemu terenu, kjer je trasa speljana v mnogih krivinah z majhnimi polmeri. Tako so največje vozne hitrosti vlakov precej nizke, še posebej, če primerjamo hitrosti vlakov v zahodni Evropi na pomembnih železniških progah, ki tečejo po podobnem reliefu. Že dolgo je v načrtu posodobitev te železniške povezave, izdelanih je bilo tudi več različnih variant posodobitve, vendar so skoraj vse predvidevale izgradnjo hitre proge. Čeprav bi ta občutno skrajšala vozne čase, bi imela skoraj popolnoma tranzitni pomen, medtem ko naselja ob sedanji progi od te posodobitve ne bi imela kaj dosti. Zato je po mojem mnenju smiselna rekonstrukcija za čim višje hitrosti glede na obstoječe, vendar tako, da bi rekonstruirana trasa potekala v koridorju obstoječe proge ali v največji možni bližini, kar bi izboljšalo kakovost potovanja tako tranzitnemu kot lokalnemu in regionalnemu prometu.

V tej diplomski nalogi sem poskušal prikazati možno rekonstrukcijo železniške proge Ljubljana – Sežana za $V_{\max} \geq 160$ km/h, natančneje na odseku med Postojno in Divačo. V Evropi je običajno, da se železniške proge rekonstruirajo za hitrosti 160 km/h in več, razen v zelo težkih terenskih razmerah. Najprej sem predstavil trenutno stanje obstoječe proge, predstavil nekatere prometne podatke ter prometne koridorje, ki so na tem območju in njihov pomen. Velik del prometa na tej progi ustvarja promet z Luko Koper, edinim slovenskim pristaniščem. Zaradi povečevanja prometa bo v prihodnosti zgrajen drugi tir proge Divača – Koper. Predstavljena sta tako pretovor Luke Koper kot tudi projekt drugega tira proge Divača – Koper. Proti koncu prvega dela so opisane tudi teoretične osnove za določanje železniških

koridorjev in izhodišča za načrtovanje rekonstrukcije železniške proge Ljubljana – Sežana na odseku Ljubljana – Divača. Poglavitni izhodišči sta hitrost $V_{\max} \geq 160$ km/h in potek po koridorju obstoječe proge.

Ker je bilo v preteklosti izdelano več variant posodobitve železniške povezave tako med Trstom in Ljubljano kot med Sežano in Ljubljano, so na kratko predstavljene tudi te, skupaj s kratko kritično presojo vsake izmed njih.

Rekonstrukcija železniške proge je v tej diplomski nalogi izdelana na podlagi določil v Pravilniku o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, (Ur. List RS št. 14/03), ki so predstavljena v tehničnem poročilu. Pred kratkim je bil sprejet tudi Slovenski standard SIST ENV 13803-1:2004 - »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog« (njegova uporaba je neobvezna), ki je bil prevzet iz evropskega standarda za projektiranje železniških prog. V tem standardu je precej določil glede projektiranja drugačnih kot v slovenskem Pravilniku, zato sem predstavil bistvene razlike med obema dokumentoma. Določila iz novega standarda sem predstavil tudi na elementih rekonstruirane proge in skušal ugotoviti prednosti novega standarda.

V tehničnem poročilu so obravnavani tudi nekateri ekološki in cenovni vidiki novogradnje, saj bo potekala po razgibanem in občutljivem terenu. S tem je prikazana tudi smotrnost in izvedljivost rekonstrukcije.

1.1 Vključenost proge Ljubljana – Sežana v evropske transportne koridorje

Zaradi intenzivnejšega političnega in gospodarskega sodelovanja med evropskimi državami in državami Srednje in Vzhodne Evrope po letu 1990 se je pokazala potreba po zasnovi čezevropske transportne mreže, ki bi vključevala vse vrste transporta (cestni, železniški, vodni, letalski) in te do leta 2010 združilo po vsej Evropi. V železniškem transportu omrežje sestavlja deset čezevropskih koridorjev. Ti se navezujejo na Transevropsko transportno omrežje (TEN), ki povezuje prometne koridorje v zahodnem delu Evrope.

Po drugi konferenci o panevropskem transportu na Kreti leta 1994 in tretji konferenci v Helsinkih leta 1997 je bilo določenih 10 panevropskih koridorjev in 4 panevropska področja kot prioritete za sodelovanje med Evropsko skupnostjo in tretjimi državami. Skozi Slovenijo potekata dva koridorja, peti in deseti.



Slika 1: Železniško omrežje petega panevropskega prometnega koridorja (vir: OECD [URL: <http://www1.oecd.org/cem/online/infrastr03/RailCorrV.pdf>])

Peti prometni koridor poteka po naslednji relaciji: Benetke (I) – Trst (I) – Divača – Ljubljana – Budimpešta (H) – Užgorod (UA) – Lvov (UA). Ta koridor ima več krakov, ki se odcepljajo

od glavne črte in povezujejo še nekatere druge države. Kraki so naslednji: koridor V.a: Bratislava (SK) – Žilina (SK) – Košice (SK) – Užgorod (UA); koridor V.b: Budimpešta (H) – Zagreb (CRO) – Reka (CRO); koridor V.c: Budimpešta (H) – Osijek (CRO) – Sarajevo (BIH) – Ploče (CRO). Deseti prometni koridor povezuje Salzburg preko Slovenije, Hrvaške, Srbije, Bolgarije do Carigrada v Turčiji.

S širitvijo Evropske unije 1. maja 2004 na 25 članic so se spremenile tudi prometne razmere med starejšimi in novejšimi članicami, saj je med njimi začel promet občutno naraščati. Raziskave kažejo, da bo medregionalni kopenski tovorni promet do leta 2020 narasel za 100%, prav tako pa bo zelo narasel tudi potniški promet. Zato je Evropska komisija predložila spremembe Smernic za Transevropsko transportno omrežje (TEN-T), kar je kasneje potrdil Svet ministrov in dokončno potrdil Evropski parlament 21. aprila 2004. Tako je bilo sprejetih 30 prioriternih projektov iz področja transporta v vrednosti 225 milijard evrov, ki se morajo začeti graditi do leta 2010, dograjeni pa morajo biti najkasneje do leta 2020. Med te projekte je bila vključena tudi izgradnja železniške osi Lyon – Trst - Divača/Koper – Divača – Ljubljana – Budimpešta – ukrajinska meja kot prioriterni transportni projekt številka 6. Tako je osnovni krak petega panevropskega koridorja skoraj v celoti vključen v tej železniški osi. V smernicah so omenjeni tudi okvirni datumi dokončanja posameznih odsekov, za prioriterni transportni projekt št. 6 so sledeči:

- Lyon - St Jean de Maurienne (2015)
- predor Mont-Cenis (2015-2017), mejno območje
- Bussoleno - Torino (2011)
- Torino - Benetke (2010)
- Benetke - Ronchi Sud - Trst - Divača (2015)
- Koper - Divača - Ljubljana (2015)
- Ljubljana - Budimpešta (2015)

Iz tega seznama lahko vidimo, da Slovenija v naslednjih desetih letih načrtuje posodobitev obstoječe železniške proge med Divačo in Ljubljano. Ker Slovenija že dlje časa načrtuje izgradnjo drugega tira Koper – Divača (prometu naj bi bil predan leta 2012, za njega pa je že tudi potrjen državni lokacijski načrt), je vsekakor potrebno razmišljati o čimprejšnji

posodobitvi obstoječe proge Divača – Ljubljana za višje hitrosti. Zaenkrat v načrtu ni izgradnje hitre železniške proge za hitrosti do 250 km/h, ampak samo rekonstrukcija obstoječe proge za hitrost do 160 km/h.



Slika 2: Železniška os Lyon – Trst – Divača/Koper – Divača – Ljubljana – Budimpešta – ukrajinska meja (vir: TEN-T maps of the 30 priority axes [URL: <http://europa.eu.int/comm/ten/transport/maps/>])

2 PROMETNI POLOŽAJ PROGE

2.1 Zgodovina Južne železnice

Gradnja Južne železnice prek slovenskega ozemlja je bila za tiste čase izjemen tehnološki dosežek, kot tehnološki dosežek pa velja še danes. Najtežji del na slovenskem ozemlju je bil ravno odsek med Ljubljano in Trstom, ki je bil odprt 27. 7. 1857, čeprav je do Postojne vlak pripeljal že leta 1856. Projektanti (glavni je bil Benečan K. Ghega) so analizirali številne variante, med drugim tudi skozi nekatere kraške jame. Na koncu je bila izbrana varianta prek Postojnskih vrat (602,5 m nadmorske višine), ki so na celotnem dinarskem območju najprimernejša za prehod na morje. Največja gradbena ovira je bilo Ljubljansko barje, ki je bilo sprva za gradbenike nerešljiva uganka, kajti kamniti nasip se je zelo dolgo in tudi zelo hitro pogrezal, dokler se ni stabiliziral. Zgrajeni so bili tudi nekateri veliki objekti, kot so dvoetažni Borovniški viadukt s svojimi 561 m dolžine, Štampetov most in Nabrežinski viadukt. Ker je proga potekala tudi po sušni kraški pokrajini, je bilo za preskrbo parne vleke potrebno zgraditi dva vodna zbiralnika v Gornjih Ležečah, od tam pa je bil zgrajen vodovod vzdolž proge do Proseka.

Po razpadu Avstroogrske je del proge Ljubljana – Trst pripadel Jugoslaviji (do Postojnskih vrat), del pa Italiji. Italija je del proge elektrificirala že leta 1936, elektrifikacija pa se je nadaljevala po drugi svetovni vojni, tako da je do Ljubljane prišla elektrika leta 1962. Električni sistem na vseh slovenskih progah je enak sistemu, ki ga je uvedla Italija na naših progah, in sicer enosmerna napetost 3000 V. Po izgradnji proge Hrpelje-Kozina – Koper se je večina prometa, ki je včasih potekal na relaciji Trst - Ljubljana, preselil na relacijo Koper – Ljubljana.

2.2 Analiza obstoječega stanja

Glavna železniška proga Ljubljana – Sežana dolžine 103,7 km je dvotirna elektrificirana proga (z enosmerno napetostjo 3000 V) po celotni dolžini. Zgrajena je bila v začetku druge polovice 19. stoletja in se od takrat ni bistveno spreminjala. Njena trasa je ostala praktično enaka kot ob odprtju leta 1857 razen okoli Borovnice, ko je bila zaradi porušitve

Borovniškega viadukta v drugi svetovni vojni zgrajen nadomestni odsek med Preserjami skozi novo borovniško postajo ter dalje po pobočju nad Borovnico vse do stare borovniške postaje. Elektrifikacija proge, ki so jo začeli že Italijani pred drugo svetovno vojno (na odseku Sežana – Postojna), je bila končana leta 1962.

Proga ima kot del evropskih prometnih koridorjev zelo velik pomen, pa tudi notranje je zelo pomembna, saj je vezna pot do koprškega pristanišča.

Proga sprva poteka po Ljubljanskem barju, ki je graditeljem povzročal številne težave. Danes je nasip preko barja stabiliziran in se težave pojavljajo zelo redko. Kljub premam in zelo blagim krivinam pa hitrost ostaja omejena na 100 km/h, čeprav bi lahko bila glede na horizontalne elemente trase višja. Od Borovnice naprej sledijo strmi nagibi, ki nikjer ne presegajo 12 ‰, hitrost pa je omejena med 75 in 85 km/h. Proga poteka preko več zelo starih viaduktov, ki so bili v preteklosti sanirani in omogočajo prevoz težjih vlakov. Na progi pa je kar nekaj premostitvenih objektov, ki so zaradi svoje starosti že v precej slabem stanju, zato bo potrebna temeljita sanacija ali pa kar zamenjava. Predori so prav tako v relativno dobrem stanju, saj so bili nekateri prenovljeni leta 1997, vendar pa ostaja problem premajhnega svetlega profila, ki ne dovoljuje vzporedne vožnje dveh tovornih vlakov z nakladalnim profilom GC. Ker je razširitev prereza predora draga in tehnološko zelo zahtevna, bo potrebno v prihodnosti zgraditi nove predore, da zadostijo svetlemu profilu GC.

V splošnem železniška proga, razen po Ljubljanskem barju, poteka po geološko zelo ugodnem terenu, zaradi katerega niso potrebne posebne utrditve železniškega telesa. Nekateri useki so zaradi tega skorajda navpični, kar lahko prinese nekatere težave zaradi preperevanja sicer dobre kamenine.

Tirnice so zvarjene v neskončni zvarjeni trak. Vgrajene tirnice pa so različnih sistemov, tako sistema S49 kot tudi sistemov UIC54 in UIC60. Tirnice bi bilo treba zamenjati na več mestih z močnejšim sistemom UIC60. V splošnem je levi tir nekoliko bolj moderniziran kot desni, vendar večje razlike ni. Večina investicij v preteklosti je bila opravljena v namene povečanja dopustnega osnega pritiska.

Na odseku med Ljubljano in Divačo je (brez Ljubljane) 11 postaj in 5 postajališč (od teh je postajališče Vreme opuščeno). Marsikatera od teh postaj ne ustreza določilom iz Pravilnika o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog in bi bile potrebne temeljite prenove.

Postaje so naslednje: Brezovica, Preserje, Borovnica, Verd, Logatec, Rakek, Postojna, Prestranek, Pivka, Gornje Ležeče, Divača.

Postajališča so naslednja: Ljubljana-Tivoli, Notranje Gorice, Planina, Košana, Vreme (opuščeno).

2.3 Nekateri pomembnejši parametri trase na odseku Postojna – Divača

V Preglednici 1 so podani pomembnejši parametri, s katerimi se običajno opiše stanje proge.

Preglednica 1: Pomembnejši parametri trase na odseku Postojna – Divača

Dolžina odseka [L]	39.712 m
Zračna razdalja med začetkom in koncem odseka [L_0]	24.443 m
Koeficient razvitosti trase [$\varepsilon = L/L_0$]	1,625
Skupna dolžina prem	17.076 m (delež v dolžini trase: 43,0 %)
Skupna dolžina krivin s prehodnicami	22.636 m (delež v dolžini trase: 57,0 %)
Skupna dolžina krožnih lokov	14.226 m (delež v dolžini trase: 35,8 %)
Skupno število krožnih lokov	87 (46 levih, 41 desnih)
Dolžine krivin po polmerih krožnih lokov:	
<u>Polmer \ Dolžina</u>	<u>Skupno (m)</u> <u>Skupno s prehodnicami (m)</u> <u>Delež v dolžini krivin (m)</u>
R < 300 m	6.582 11.251 49,7 %
300 ≤ R < 400 m	4.708 7.437 32,9 %
400 ≤ R < 500 m	776 1.264 5,6 %
500 ≤ R < 1000 m	1.358 1.762 7,8 %
R ≥ 1000 m	802 922 4,1 %
Najmanjši polmer krožnega loka	252 m
Najmanjši vzdolžni nagib	0,00 ‰
Največji vzdolžni nagib	9,26 ‰
Najvišja kota nivelete	598,169 m
Najnižja kota nivelete	431,369 m
Skupna dolžina vzdolžnih nagibov 0 ‰ ≤ i < 5 ‰	6.027 m (delež: 15,2 %)
Skupna dolžina vzdolžnih nagibov 5 ‰ ≤ i < 10 ‰	33.684 m (delež: 84,8 %)
Število predorov	6 v skupni dolžini 2.493 m
Število viaduktov	1 v dolžini 119 m
Število nadvozov	7
Število podvozov	15
Število mostov	3
Število nivojskih prehodov	11
Število propustov	39

2.4 Prometno stanje proge Ljubljana – Sežana, odsek Ljubljana - Divača

Proga Ljubljana – Divača je že od nekdaj imela predvsem tranzitni pomen, saj ob njeni trasi ni zelo velikih naselij. Prav zaradi tega je potniški promet na postajah manjši kot recimo na progi proti Mariboru. Vendar pa proga povezuje Primorsko z osrednjo Slovenijo, proga je tudi najpomembnejša železniška povezava z Italijo in naprej proti zahodni in jugozahodni Evropi.

Leta 1972 je bila odprta avtocesta Vrhnika – Postojna, v kasnejših letih pa so bili zgrajeni še novi odseki v smeri proti Ljubljani in Sežani oz. Koprju. Prav zaradi nove kakovosti potovanja, ki jo je omogočila, in razmaha avtomobilizma, je začela avtocesta prevzemati vse več potnikov in tovora, saj je železnica ostajala in še ostaja na nespremenjeni ravni. V zadnjih letih je opaziti vnovično naraščanje potniških prevozov po železnici, predvsem v primestju Ljubljane. Z razvojem Luke Koper narašča tudi tovorni promet, čeprav se še vedno zelo velik delež tovora prepelje po cesti.

Statistika za odpravljene potnike med leti 1999 in 2003 je prikazana v preglednici 2.

Preglednica 2: Statistika za odpravljene potnike med leti 1999 in 2003 (Vir: Uradna statistika Slovenskih železnic / Delo vlakov 1999 – 2003)

Postaja	Število potnikov po letih				
	1999	2000	2001	2002	2003
Ljubljana	1721615	1949841	2054765	2192929	2460854
Brezovica	22498	25872	27737	26499	31264
Notranje Gorice	29983	36236	27737	40016	40701
Preserje	35465	43167	37439	35601	43467
Borovnica	234746	232220	203652	193070	219991
Verd	1537	1486	1254	0	0
Logatec	13493	13922	20968	27002	34246
Planina	1769	2617	1920	0	0
Rakek	36959	44724	53074	57385	64754
Postojna	108814	125855	140397	150878	128130
Prestranek	14434	14123	13238	13448	12771
Pivka	60349	60497	58313	58047	62853
Divača	56255	45785	46528	47438	61412

Iz Preglednice 2 vidimo, da je število prepeljanih potnikov razmeroma majhno, izstopata le postaji Ljubljana in Borovnica. Viden je trend naraščanja prepeljanih potnikov na postajah, ki so bližje Ljubljani (vključno do postaje Rakek), saj ta naselja sodijo pod gravitacijsko območje Ljubljane. Relativna bližina glavnega mesta je tudi pripomogla k razmahu gradnje novih stanovanjskih kapacitet in posledično temu naraščanje števila prebivalcev. Ker zaradi tega narašča tudi promet na cestah, je železnica kljub majhnim povprečnim hitrostim še vedno dovolj konkurenčna, da privablja nove potnike. Žal očitno to ne velja za postaje od Postojne proti Divači, saj število prepeljanih potnikov stagnira ali celo upada, kar si lahko razlagamo predvsem s predolgimi potovalnimi časi, kajti na večjih razdaljah železnica ni dovolj konkurenčna pred avtocesto in glavnimi cestami, zato se morebitni potniki za železnico ne odločajo. Sklepam lahko, da bi hitrejša železniška povezava od Postojne proti Ljubljani še dodatno povečala število prepeljanih potnikov na teh postajah, z rekonstrukcijo železniške

proge naprej proti Divači pa privabila nove potnike, imelo pa bi to tudi dolgoročne učinke, saj bi vzpodbudilo nove stanovanjske gradnje, s tem pa bi pridobili nove potnike.

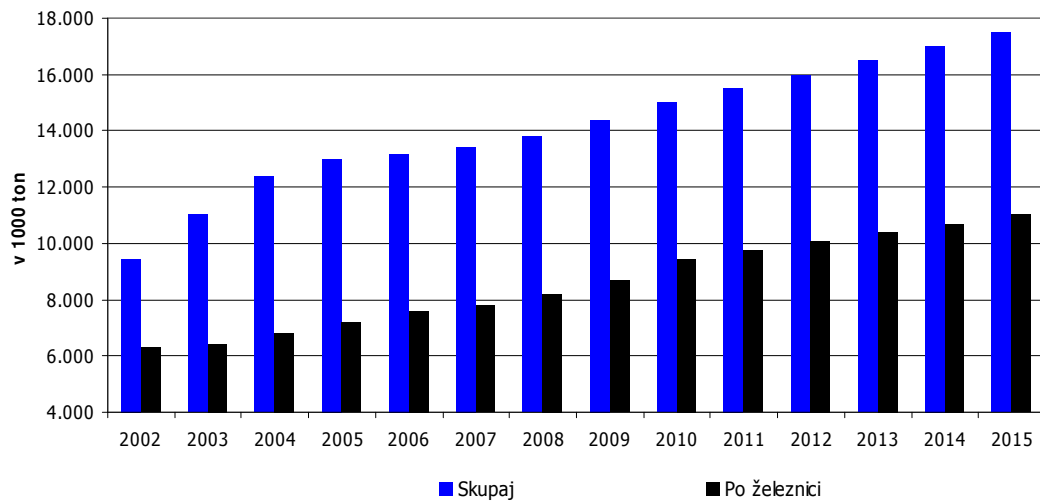
2.5 Pomen Luke Koper

Največ tovarnega prometa na progi Ljubljana – Divača – Koper izhaja iz Luke Koper, ki je tudi edino slovensko pristanišče in zelo velik generator prometa.

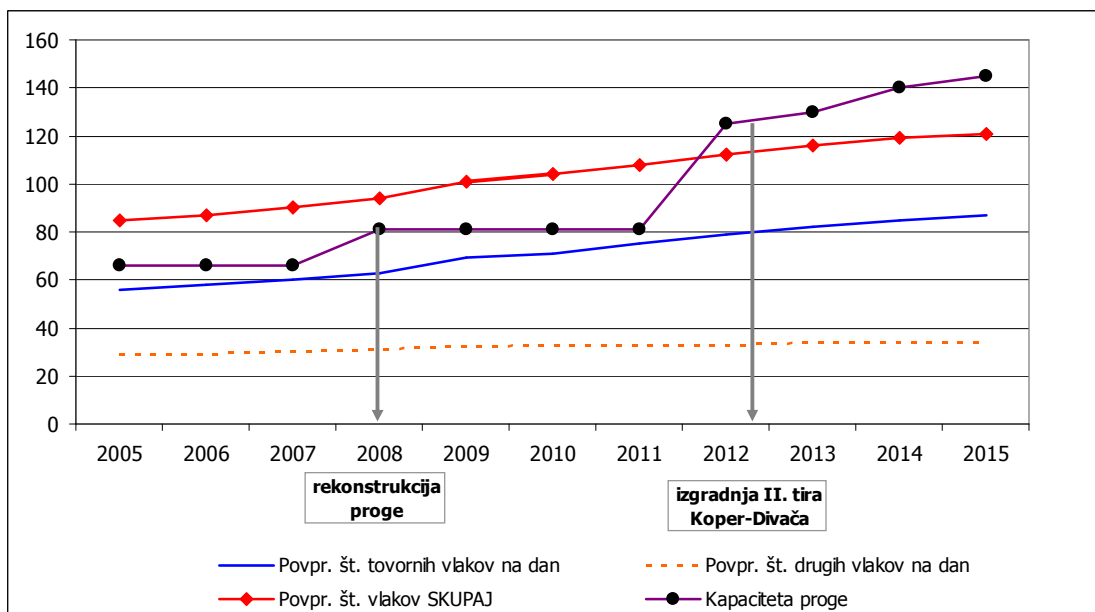
Preglednica 3: Statistika ladijskega pretovora v Luki Koper v letih 1996-2004 (vir: Luka Koper d.d.)

Leto	Nakladanje (tone)	Razkladanje (tone)	Skupni pretovor (tone)
1996	1.438.930	5.103.572	6.542.502
1997	1.708.438	5.561.274	7.269.712
1998	2.553.996	6.054.076	8.608.072
1999	2.428.049	5.908.972	8.337.021
2000	2.549.243	6.772.589	9.321.832
2001	2.508.163	6.845.828	9.353.991
2002	2.696.122	6.735.375	9.431.497
2003	3.185.664	7.850.793	11.036.457
2004	3.468.592	8.934.016	12.402.607

Kot je videti iz Preglednice 3, ladijski pretovor v Luki Koper znatno narašča in se je v devetih letih skoraj podvojil. Tudi načrti za prihodnost nakazujejo na nadaljnjo rast pretovora, še posebej zaradi načrtovane izgradnje tretjega pomola v Luki Koper ter izgradnje drugega tira železniške proge Divača – Koper. Kljub dokončanju avtoceste med Ljubljano in Koprom novembra 2004 se naj bi že danes prevladujoči delež prevozov tovora po železnici še povečeval. Pri tem je treba omeniti, da se skoraj ves tovor, ki se za namene Luke Koper prepelje po železnici, prepelje po progi Ljubljana – Divača, le zelo majhen del se prepelje v druge smeri. Tudi smernice za prihodnje nakazujejo podoben trend, saj Luka Koper posluje večinoma s srednje- in vzhodnoevropskimi državami.



Slika 3: Projekcija ladijskega pretovora v Luki Koper in prevozov po železnici do leta 2015
 (vir: Luka Koper d.d.)



Slika 4: Projekcija prometa na odseku Koper – Divača v naslednjih 10 letih (vir: Luka Koper d.d.)

2.6 Drugi tir proge Divača – Koper

Teoretska kapaciteta proge Divača-Koper znaša 66 vlakov na dan. V letu 2004 so Slovenske Železnice na tem odseku prepeljale povprečno 67 vlakov na dan (9 potniških, 38 tovornih in 20 strojnih vlakov), iz česar sledi, da je povprečna stopnja izkoriščenosti odseka 101,5%. Na Sliki 4 lahko vidimo, da bo po napovedih promet v naslednjih letih stalno naraščal, kapacitete te proge pa se bodo povečevale le počasi vse do dograditve drugega tira. Obstoječa enotirna proga med Luko Koper in Divačo, ki se odcepi od dvotirne magistralne proge Sežana – Ljubljana, ne ustreza današnjim prometnim zahtevam in predstavlja ozko grlo v slovenskem železniškem omrežju, zato bo izgradnja drugega tira povečala kapacitete in varnost odvijanja železniških prevozov ter tudi omogočila skrajšanje voznih časov.

Vlada Republike Slovenije je 14. aprila 2005 sprejela lokacijski načrt za gradnjo drugega tira železniške proge Divača – Koper, njegova gradnja naj bi se pričela v letu 2006, dograditev pa je načrtovana do konca leta 2012.

Drugi tir bo zgrajen za hitrost 160 km na uro in bo v dolžini 27,1 km skoraj za polovico krajši od dosedanje proge. V predorih poteka 75% trase, po viaduktih 3% in preostalo po terenu, največji nagib na progi pa je 17 promilov. Drugi tir proge Divača – Koper bo omogočal vožnjo vlakov v obe smeri, kar bo koristilo predvsem potniškemu prometu. Tovorni vlaki bodo koristili progo predvsem za vožnjo proti Divači, proti Kopru se bodo vračali po stari progi.

Predvideno je, da bo promet na progi Koper – Divača in dalje proti Ljubljani po odprtju drugega tira močno narasel. To ne samo zaradi ugodnejših vozno-tehničnih elementov proge, ampak tudi zaradi nove in močnejše vozne mreže, ki bo omogočala vožnjo 2000-tonskih vlakov s presledkom na pet minut. Prav tako bo zelo pridobil potniški promet, saj se bo vožnja med Divačo in Kopro z današnjih 50-60 minut skrajšala na samo 15 minut, kar bo tudi precej skrajšalo pot do Ljubljane.

V Preglednici 4 so zbrani najpomembnejši podatki o načrtovanem drugem tiru železniške proge Divača – Koper.

Preglednica 4: Tabela elementov trase odprte proge med koncem postaje Divača in cepiščem Bivje pred postajo Koper (vir: Drugi tir železniške proge Divača - Koper, Idejni projekt, Povzetek splošnega tehničnega opisa celotnega projekta, SŽ Projektivno podjetje Ljubljana d.d., 2004)

Dolžina trase	27.101,537 km
V_{\max}	160 km/h
R_{\min}	1.404,226 (600) m
i_{\max}	17 ‰
Število predorov	8
Skupna dolžina žel. predorov	20.322 m
Delež predorov	74,98 ‰
Najdaljši predor	6.700 m
Število viaduktov	2
Skupna dolžina žel. viaduktov	1.080,15 m
Delež viaduktov	3,98 ‰
Najdaljši viadukt	640,15 m

3 KRITIČNA PRESOJA PREDLAGANIH VARIANT LJUBLJANA – DIVAČA – SEŽANA

Območje odseka V. prometnega koridorja, ki poteka od Trsta do Ljubljane, je bilo zaradi svoje pomembnosti deležno mnogih variant tako rekonstrukcije kot izgradnje novih prog za visoke hitrosti. Vse variante so zelo raznolike, od takih, ki ne odstopajo veliko od obstoječe proge, do novih in popolnoma radikalnih rešitev.

Variante so razdeljene v dve skupini. V prvi so variante proge za visoke hitrosti, t.j. hitrosti do 250 km/h, v drugi skupini pa varianta za konvencionalne hitrosti, t.j. za hitrosti do 160 km/h. V nadaljevanju so na kratko opisane variante, zraven pa je še kritična presoja vsake izmed njih. Variante so prikazane tudi grafično v prilogi na Listu 1, vključno s predlagano rekonstrukcijo, ki je tema te diplomske naloge,. Vse variante se pričnejo v osi postajnega poslopja Ljubljana v km 0+000, končajo pa se v različnih točkah. Nobena od variant ne upošteva rekonstrukcije železniškega uvoza v Ljubljano, ki je predviden v dolgoročnih planih.

3.1 Variante proge za visoke hitrosti

3.1.1. Varianta A

Varianta je v celoti projektirana za hitrost 250 km/h, na slovenski strani je dolga 70,95 km. Začne se v Ljubljani in sledi obstoječi progi do postaje Brezovica, tam se odcepi od nje in nato poteka po Barju približno na polovici med avtocesto in staro progo. Pri Bistri preko 3,2 km dolgega viadukta vstopi v prvi predor z dolžino 30,8 km in teče pod Logatcem, kjer je tehnična postaja, in Colom, na plano pa pride pri Vipavi, kjer je predvidena tehnična postaja in priključek na progo proti Ajdovščini in naprej proti Novi Gorici. Za tem proga spet vstopi v nov predor dolžine 29,6 km, ki teče vse do Trsta, kjer se proga tudi konča.

Varianta A je od vseh najkrajša in ima zelo ugodne gradbeno-tehnične elemente. Njena težava je prav v velikopoteznosti, saj je zelo odmaknjena od obstoječe proge, kar etapnost gradnje skoraj onemogoči, povezava na goriško progo pa ne bi prinesla tolikšnega dodatnega prometa, da bi se splačalo voditi traso v Vipavsko dolino. Varianta je popolnoma tranzitnega pomena,

je pa tudi edina od variant, ki ni vezana na progo do Kopra. Slabost variante so tudi zelo visoki stroški izgradnje, saj se gradnja dveh 30 kilometrskih dvocevnih predorov lahko primerja z gradnjo najdaljših alpskih predorov (St. Gothard, Brenner, Mont-Cenis).

3.1.2 Varianta I

Varianta je v celoti projektirana za hitrost 250 km/h, na slovenski strani je dolga 74,35 km. Začne se v Ljubljani in sledi stari progi vse do Brezovice, kjer jo zapusti in nekaj časa sledi trasi variante A, vendar se kasneje obrne bolj proti Borovnici. Zahodno od nje preko 2,0 km dolgega viadukta, pred katerim je še tehnična postaja, vstopi v predor dolžine 10,9 km, ki se konča pri Planini. Tam z viaduktom dolžine 780 m preči Planinsko polje in vstopi v nov predor dolžine 7,7 km, iz katerega izstopi pri Landolu. Proga preko dveh kilometrskih viaduktov preči Postojnsko kotlino. Južno od Landola je predvidena tehnična postaja in cepišče za priključek povezovalne proge do stare proge južno od Postojne. Južno od Postojnske kotline proga preide v predor dolžine 9,9 km, ki izstopi na plano vzhodno od Divače, nato pa severno od nje poteka blizu sedanje proge vse do Sežane, pod njo pa z daljšim predorom (na slovenski strani je dolg 4,2 km) preide na italijansko stran.

Varianta I je nekoliko daljša od variante A, ima pa tudi večje vzdolžne nagibe. Njena prednost je v boljšem vključevanju v obstoječo železniško omrežje, saj se lahko nanj priklopi pri Postojni (s povezovalno progo) in Divači. S tem so tudi boljše možnosti za etapno gradnjo, obstaja pa tudi dokaj enostavna možnost priklopa železniške proge Divača – Koper in drugega tira. Kljub temu ima proga pretežno tranzitni pomen, kajti poteka predaleč od obstoječe proge, visoki pa so tudi stroški izgradnje, saj je na slovenskem delu dobrih 35 km predorov in slabih 6 km viaduktov. Slabost je tudi pomanjkanje neposredne povezave s Trstom, za kar je potrebno zgraditi dodatno železniško progo, zato se pot do Trsta precej podaljša. Za Slovenijo je ta varianta hitre proge precej bolj ugodna kot varianta A, predvsem zaradi dobre možnosti navezave na koprsko progo.

3.1.3 Varianta M

Varianta je v celoti projektirana za hitrost 250 km/h, na slovenski strani je dolga 82,26 km. Potek variante M je identičen varianti I vse do predora severno od Divače. Ta predor se prav tako konča vzhodno od Divače, proga nato poteka južno od Divače, kjer vstopi v predor dolžine 21,5 km v smeri proti Kopru, vendar se nato v velikem loku obrne proti Trstu. Iz predora proga izstopi na italijanski strani, kjer poteka še naprej v zaledje Trsta. Iz predora je možna navezava na drugi tir do Kopra.

Za varianto M velja podobno kot za varianto I, njena prednost je neposredna povezava s Trstom, kar je tudi njena slabost, saj so zaradi tega stroški izgradnje zaradi dolgih predorov večji, težja je tudi navezava na drugi tir železniške proge Divača - Koper, saj bi ta potekala v predoru v dokaj kompliciranem cepišču, poleg tega pa je nagib nivelete v tem predoru 17 ‰, kar je več od priporočenega. V vsakem primeru jo je na varianto M možno navezati vzhodno od Divače, zato glede tega ni večjih težav. V splošnem je za Slovenijo kljub slabi povezavi do Trsta ugodnejša varianta I, saj bi velik del predorov, ki bi bili potrebni za navezavo Trsta pri varianti M, potekali po slovenskem ozemlju. Prometno gledano pa je varianta M ugodnejša.

3.1.4 Varianta P

Varianta P poteka bližje obstoječi progi kot ostale variante in se pri Divači razdeli na podvarianti P/I in P/M. Na slovenski strani je varianta dolga 76,85 km oziroma 84,98 km, odvisno od izbrane podvariante. Začne se v Ljubljani in teče po stari progi do severno od Preserij, kjer se nahaja tehnična postaja in priključek na staro progo, nato se začne preko viadukta dolžine 0,6 km in predora dolžine 4,3 km vzpenjati. Nad Borovnico vodi proga po viaduktu dolžine 1,2 km, za njim vstopi v predor dolžine 9,7 km. Izstopi pri Planini, nato pod avtocesto prek dveh viaduktov in predora preči južni rob Planinskega polja. Za tem vstopi v 4,4 km dolg predor, ki se konča v Postojnskih vratih, kjer doseže najvišjo točko, tam se nahaja tudi cepišče za staro progo. Do postaje Postojna, ki je rekonstruirana, se najvišja dovoljena hitrost zmanjša na 160 km/h. Proga poteka blizu obstoječe proge, čeprav preko dodatnih predorov in viaduktov. Pri Prestranku se hitrost dvigne nazaj na 250 km/h, tam pa se nahaja tudi cepišče za priključitev stare proge. Proga se nato preko slab kilometer dolgega viadukta

preko Pivške doline spusti v predor dolžine 12,6 oz. 12,9 km (odvisno od izbrane podvarianete). Za predorom se nahaja cepišče za postajo Divača, nato se varianti razcepita. Podvarianeta P/I vodi naprej po trasi variante I severno od Divače do Sežane in naprej pod njo v Italijo. Podvarianeta P/M pa vodi po trasi variante M in zavije vzhodno od Divače v predor, ki naredi velik lok in se konča na italijanski strani jugovzhodno od Trsta.

Varianta P s podvariantama P/I in P/M poteka še bližje obstoječi železniški progi in jo delno tudi izkoristi, kar zmanjša stroške za rekonstrukcijo stare proge. Možnosti za etapnost gradnje so dobre, kar olajša izgradnjo proge. V varianto je vključena tudi rekonstruirana postaja Postojna, kar je dobro za to mesto, vendar posebnega pomena za promet, ki teče po stari progi, to nima. Varianta je namreč v svoji osnovi tranzitna. Na območju Postojne je največja dovoljena hitrost zmanjšana na 160 km/h, kar je sicer pri hitrih progah dovoljeno, vendar je to slabost za hitre tranzitne vlake, saj Postojna po prometu ni tako pomembna postaja, da bi bilo potrebno hitro progo speljati skozi njo. Navadni regionalni in lokalni vlaki pa od tistega kratkega dela prenovljene proge nimajo posebnih koristi. Prednost tega poteka je edino za vlake iz reške strani, ki se lahko hitro navežejo na hitro progo, vendar je tega prometa zelo malo. Varianta P je z obema podvariantama P/I in P/M le malenkostno cenejša od variante I oziroma M.

3.2 Variante za konvencionalne hitrosti

3.2.1 Varianta rekonstrukcije za 160 km/h

Varianta, ki jo je izdelal mag. Matija Jerman iz SŽ - Projektivnega podjetja, je dolga 104,55 km do Sežane oz. 95,32 km do Divače. Ta varianta je zasnovana tako, da poteka čim bližje sedanji progi in da jo čim bolj izkorišča ter predstavlja izhodišče za načrtovanje variante P. Oblikovana je za hitrost 160 km/h, po neugodnem terenu pa za 120 km/h. Začne se v Ljubljani in tik do Borovnice omogoča hitrost za 160 km/h, naprej pa za 120 km/h. Tam se v dolgem predoru dolžine 4,3 km v loku obrne proti severu. Elementi za 120 km/h pripeljejo progo do postaje Verd, ki je rekonstruirana smerno in višinsko. Naprej od postaje Verd omogoča trasa hitrost 160 km/h in doseže postajo Logatec po dveh predorih dolžine 2,1 in 2,3 km ter viaduktu dolžine 470 m. Od Logatca do Rakeka poteka po terenu z izjemo dveh krajših

predorov, Rakek obvozi v predoru. Preko petih viaduktov in predora se vzpne na Postojnska vrata, za postajo Postojna, ki je rekonstruirana na enak način kot pri varianti P, pa je potrebna zahtevna rekonstrukcija za 160 km/h. Proti Pivki trasa poteka v bližini sedanje proge, vendar ne vključuje postaje Prestranek. Pred postajo Pivka se priključi proga iz Reke, saj Pivko zaradi neugodne umestitve sedanje postaje rekonstruirana trasa zaobide v dveh predorih. Med Pivko in Divačo vzdolž Vremske doline rekonstruirana trasa sicer poteka ob sedanji progi, vendar zaradi težavne konfiguracije poteka večinoma ločeno, pogosto v predorih (na tem odseku je 8 predorov v skupni dolžini 6,78 km). Vzhodno od Divače naredi proga lok, da izgubi višino pred vstopom na postajo Divača. Skozi postajo Divača je hitrost občutno zmanjšana, do postaje Sežana, kjer se ta varianta konča, pa je možno progo brez večjih težav rekonstruirati za 160 km/h z le kratkim predorom in viaduktom.

Ta varianta je drugačna od zgoraj opisanih, saj gre za povečanje hitrosti na obstoječi progi in manj za gradnjo popolnoma nove proge. Zaradi tega se prilagaja poteku stare proge in je primerljiva z varianto, ki je tema te diplomske naloge. Gradnja novih postaj ni potrebna, ker izkoristi stare, čeprav je potrebno nekatere navezati s priključki, ki pa v tej varianti niso obdelani. Varianta dobro sledi obstoječi progi, vendar se premalo prilagaja terenu in je v splošnem premalo optimizirana, zato ima dobrih 23 kilometrov predorov ter dobrih 6 km viaduktov, vključuje pa tudi popolno rekonstrukcijo postaje Postojna in priključnih tirov na to postajo, kar še dodatno podraži in oteži gradnjo. Na odseku med Pivko in Divačo preveč sledi poteku stare proge, kar dejansko privede do velike skupne dolžine objektov, ki je primerljiva z dolžino predora pod Vremščico pri varianti P. Pri Borovnici bi se kljub zelo zahtevnemu reliefu dalo povečati največjo dovoljeno hitrost brez znatnega podaljšanja trase. Varianta ima na celotnem poteku zelo veliko prem, kar je iz voznodinamičnega ozira dobro, žal pa se potem nova proga prevečkrat križa s staro, potrebnih pa je tudi več objektov.

3.3 Splošno mnenje o variantah

Variante A, I, M in P se osredotočajo na hitro povezavo med Italijo in Ljubljano, zato se z varianto rekonstrukcije, ki je predstavljena v tej diplomski nalogi, nekako ne morejo primerjati, predvsem zaradi precej drugačnih hitrosti ter posledično uporabljenih drugačnih horizontalnih elementov trase.

V diplomski nalogi sem se pri projektiranju nove variante poskušal izogniti napakam, ki jih ima zgoraj opisana varianta rekonstrukcije za 160 km/h (nezadostno prilagajanje elementom obstoječe proge, velika skupna dolžina potrebnih objektov, nepotrebno predolga trasa na določenih mestih) ter uporabiti njene dobre lastnosti (potek po koridorju obstoječe proge, izkoriščanje obstoječih postaj, visoka izraba obstoječe trase).

4 TEORETSKA IZHODIŠČA ZA PROJEKTIRANJE NOVE VARIANTE ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA – DIVAČA

4.1 Načrtovanje koridorjev in variant – teoretične osnove

Pri vsakem načrtovanju nove proge je potrebno preučiti umestitev prometnega koridorja oziroma variante v prostor iz globalnega vidika, saj imajo tako veliki posegi zelo dolgoročne vplive, ki lahko spremenijo prometne tokove in urbanizacijo na tem območju.

Najprej je potrebno opraviti predhodno analizo in ugotoviti trenutno stanje. Koridorji povezujejo dva končna in/ali več vmesnih populacijskih središč, kjer lahko že obstaja železniška povezava, vendar zaradi različnih dejavnikov glede na razmere ni primerna (ali ne bo v prihodnosti). Preučevanje različnih dejavnikov, kot so potrebna hitrost, večtirnost, vmesne postaje, število potnikov, stroški izboljšav ipd., običajno zmanjša možnosti na eno ali dve poti, ki bi bili primerni.

Za tem je potrebno izbrati mesta za postavitve železniških postaj. Pri tem je pomembnih več dejavnikov, ki si lahko med sabo tudi nasprotujejo: postaje morajo biti dostopne ljudem, ki tam prebivajo ali delajo; preveč postaj lahko nepotrebno podaljša potovanja; premalo postaj oteži dostop potnikom do železniškega sistema.

Določiti je treba tudi fizikalne značilnosti železniške proge, kjer moramo zajeti čimveč podrobnih informacij o železniškemu tiru (ali tirih). Pri tem je potrebno izrisati načrte proge ki prikazujejo med drugim tudi: število in položaj tirov (tudi obstoječih in predhodno odstranjenih), horizontalne in vertikalne elemente proge, kretnice in križanja, dolžine prehitevalnih tirov (če obstajajo), večje mostove in predore, križanja z drugimi prometnicami, lokacije potniških postaj in industrijskih tirov, značilnosti tirnic itd. Določiti je treba sisteme signalno-varnostne opreme in komunikacijske sisteme vzdolž koridorja.

Potrebne so tudi podporne zmogljivosti in objekti, brez katerih železniški promet ne teče ali pa ni dovolj atraktiven. Za vsako potniško postajo je potrebno določiti njen položaj glede na delovna mesta, domove in okoliško cestno omrežje, velikosti postaj in peronov, parkirne

zmogljivosti, dostop do intermodalnega transporta (avtobusi, tramvaji, taksiji), potniške informacijske sisteme ipd. Potrebno je zgraditi objekte za shranjevanje in vzdrževanje železniškega voznega parka, prav tako tudi za vozila, ki so potrebna za vzdrževanje proge, potrebna pa so tudi središča za nadzor gibanja vlakov in opreme.

Potrebno je tudi določiti načrt delovanja železniških storitev v prihodnosti (običajno 20 let), kjer je treba za vsako vrsto storitve (mednarodni, regionalni in lokalni potniški promet ter tovorni promet) določiti lokacije postajališč, vozne rede, uporabljene vlake in vagoni ipd.).

Določiti je treba tudi vplive na okolje ter oceniti stroške projekta, ki se razdelijo na rekapitalizacijo (obnove postaj, mostov, zamenjava signalno-varnostne opreme), izboljšanje vozniških časov (izravnava krivin, zamenjava pragov in zavaritev tirov, odstranitev nivojskih križanj, namestitve kabinskega signalnega sistema, posodobitev cepič in postaj ipd.), izboljšanje kapacitet (dodatni prehitevalni tiri, dodatni glavni tiri, dodatni peroni na postajah, izboljšanje signalno-varnostne opreme ipd.) ter drugi projekti, ki ne sodijo v to razvrstitev (nova železniška vozila, nove potniške postaje, multimodalni terminali, dodatna parkirišča, izboljšanje svetlih profilov). Projekte je treba na koncu tudi razvrstiti glede na kratkoročne, srednjeročne in dolgoročne potrebe.

4.2 Izhodišča za projektiranje rekonstrukcije proge Ljubljana – Divača

Pred načrtovanjem rekonstrukcije ali novogradnje je potrebno določiti izhodišča, na katerih sloni kasnejše delo. Iz njih tudi na nek način določimo vrsto rekonstrukcije ali novogradnje, ki se bo opravila. Nekatera izhodišča se med sabo nasprotujejo, zato je potrebno med njimi najti ustrezne kompromise. Sam sem izbral naslednja izhodišča:

1. Uporaba hitrosti 160 km/h – ciljna hitrost, za katero sem načrtoval rekonstrukcijo, je 160 km/h, vendar je ponekod možno odstopanje od te hitrosti zaradi utemeljenih razlogov, kot so prevelik poseg v prostor ali preveliki stroški.
2. Izraba obstoječega koridorja – vsaka gradnja novih prometnic je velik poseg v prostor, zato je priporočljivo, da nove prometnice izrabljajo obstoječe prometne koridorje, saj se na ta način zmanjša vpliv na okolje in na sprejemljivost okoliškega prebivalstva, prav tako je pogosto cenejša gradnja.

3. Optimalna izraba obstoječe proge – kljub temu, da ima obstoječa proga zelo veliko krivin z majhnimi polmeri in je zato neprimerna za visoke hitrosti, je vseeno možno izrabiti nekatere dele obstoječe proge za rekonstrukcijo, kar precej poceni gradnjo in zmanjša vplive na okolje. Pri načrtovanju rekonstrukcije sem stremel po taki trasi, ki bi kar najbolje izkoristila obstoječo progo.
4. Dvotirna proga – odločil sem se za vožnjo po desnem tiru, kar vpliva tudi na izvedbo priključkov.
5. Izraba obstoječih postaj – stremel sem tudi k uporabi obstoječih postaj, saj je gradnja novih zelo draga, poleg tega so obstoječe postaje običajno na takih mestih, kjer zajamejo veliko prebivalstva in industrije, saj so v preteklosti naselja običajno rasla v okolici pomembnih prometnih objektov, kar železniške postaje nedvomno so.
6. Obvozni tiri postaj – nekatere postaje stojijo na takih mestih, da potek rekonstruirane proge skozi njih ni možen, zato je potrebno zgraditi obvozne tiri in postaje priključiti nanje s priključnimi tiri, ki dosežejo postajo z obeh strani. Priključevanje je nivojsko.
7. Možnost navezav (etapna gradnja) – med gradnjo bo na obstoječi progi moral promet neovirano teči. Prav tako bo gradnja potekala po etapah, saj praktično ni možno zgraditi celotne trase naenkrat. Zato sem traso načrtoval tako, da je z obstoječo progo kar najmanj konfliktnih točk, če pa so že, morajo biti ustrezno rešljive brez zapiranja proge.
8. Sprejemljivi posegi v prostor – trasa mora biti načrtovana tako, da so posegi v prostor kar najmanjši, čeprav pogosto to ne bo možno. Najti je potrebno občutljivo ravnotežje med funkcionalnostjo proge in primernimi posegi v prostor.
9. Cenovno sprejemljiva gradnja – gradnja na reliefu, kot je med Ljubljano in Divačo, je zelo zahtevna, kar prinese tudi velike stroške izgradnje. Največji del pri ceni so običajno objekti, zato naj bo trasa postavljena tako, da se kar najbolj minimizira uporaba objektov ali pa se postavijo cenejši (zamenjava predorov za viadukte na ustreznih mestih).

4.3 Splošno o novi progi Ljubljana – Divača

Nova proga Ljubljana – Divača je zasnovana kot dvotirna elektrificirana proga. Horizontalni in vertikalni elementi bodo omogočali hitrost potniških vlakov 160 km/h, razen na odsekih s

težavnim reliefom, kjer bo proga projektirana za največjo hitrost 140 ali 120 km/h. Najnižja hitrost tovornih vlakov, za katero je projektirana bodoča proga, je 80 km/h.

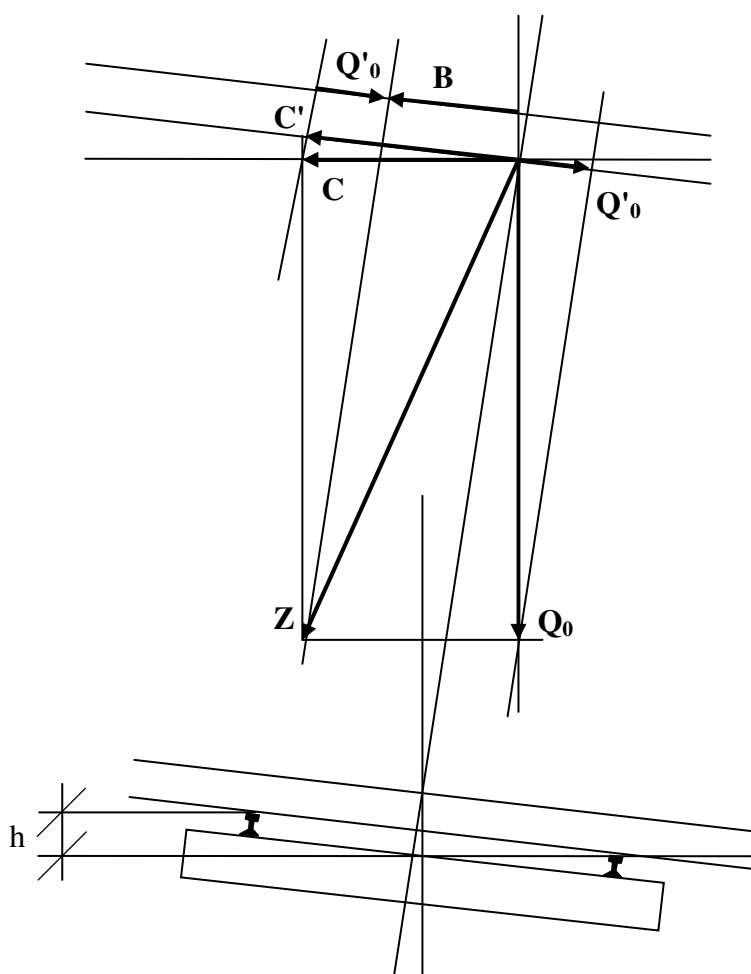
V nadaljevanju sta predstavljeni dve razlagi tehničnih elementov: prva je narejena na podlagi Pravilnika o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog (Ur. list RS 14/03) – v nadaljevanju: **Pravilnika** - in po katerem je tudi načrtovana varianta, ki je tema te diplomske naloge. Druga razlaga je narejena na podlagi novosprejetega standarda SIST ENV 13803-1, »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog – Tirne širine 1435 mm in več – 1. del: Odprta proga« - v nadaljevanju: **Standarda**. Nova proga je sicer projektirana na podlagi navedb iz Pravilnika, navedbe iz Standarda so opisane samo za primerjavo, pri projektiranju pa niso upoštevane.

4.4 Horizontalni elementi

4.4.1 Krožni lok

4.4.1.1 Teoretska izhodišča in zahteve iz Pravilnika

S krožnim lokom spremenimo smer vožnje in je enolično določen s svojim polmerom in velikostjo središčnega kota. Ker pri vožnji skozi krožni lok na vozilo deluje sredobežna sila, ki poskuša prevrniti vozilo navzven, to silo delno kompenziramo z nadvišanjem, ki je razlika med višinsko lego notranje in zunanje tirnice.



Slika 5: Sile, ki delujejo v nadvišani krivini

Pri vožnji po krožnem loku deluje na vozilo sredobežna sila C , ki je produkt sredobežnega pospeška in mase vozila.

$$C = c \cdot m = v^2/R \cdot m \dots [\text{kN}]$$

Vpliv komponente C' , ki deluje v smeri ravnine tira, deloma ali v celoti lahko kompenzira komponenta sile teže vozila Q'_0 , ki nastane z nadvišanjem zunanje tirnice. Tako je izračun nadvišanja pogojen z nekompenzirano bočno silo B oziroma z bočnim pospeškom b , ki deluje v ravnini tira na tirno vozilo.

Tako dobimo enačbo za bočni pospešek v obliki, ki je primerna za izračun nadvišanja:

$$b = \frac{V^2}{13R} - \frac{h}{153} \dots [\text{m/s}^2]$$

b – bočni pospešek [m/s^2]

V – hitrost vlaka v krivini [km/h]

R – polmer krožnega loka v krivini [m]

h – nadvišanje [mm]

V tej enačbi sta prisotni dve komponenti: prvi del desnega dela enačbe je komponenta sredobežnega pospeška (odvisna od kvadrata hitrosti in obratno odvisna od radija krivine), drugi del desnega dela enačbe pa je težnostna komponenta (odvisna od nadvišanja). Ker vsi vlaki ne vozijo z enako hitrostjo, ugotovimo, da je bočni pospešek lahko manjši, večji ali enak 0.

Pri ničnem bočnem pospešku sta sredobežna in težnostna komponenta izenačeni. V tem primeru sta obe tirnici enako obremenjeni, nadvišanje pa imenujemo teoretično nadvišanje, ker se praktično ne uporablja. To je idealna možnost le pri enaki hitrosti vseh vlakov, kar pa je pri železnici zelo redek primer.

Pri pozitivnem bočnem pospešku je sredobežna komponenta večja od težnostne. V tem primeru je zaradi premajhnega nadvišanja (primanjkljaj nadvišanja) bolj obremenjena zunanja tirnica, kar je običajno pri večini krivin.

Pri negativnem bočnem pospešku je sredobežna komponenta manjša od težnostne. Zaradi viška nadvišanja je bolj obremenjena notranja tirnica, kar se zgodi pri vožnji počasnih vlakov skozi nadvišano krivino ali pa pri ustavitvah.

Nadvišanje je prilagojeno srednji hitrosti vlaka, kar pomeni, da je za hitre vlake premajhno (primanjkljaj nadvišanja), za počasne pa preveliko (višek nadvišanja).

Iz osnovne formule za bočni pospešek dobimo enačbo nadvišanja:

$$h = 11,8 \frac{V^2}{R} - 153b$$

če pa upoštevamo, da je

$$b = \frac{\Delta h}{153}$$

dobimo splošni izraz za izračun nadvišanja

$$h = 11,8 \frac{V^2}{R} \pm \Delta h$$

Prvi del desnega dela enačbe predstavlja splošen izraz za teoretično ali idealno nadvišanje, drugi del Δh pa zajema bodisi primanjkljaj h_p ali pa višek nadvišanja h_v . Zaradi različnih hitrosti vlakov pridemo do nekaterih težav pri določanju optimalnega nadvišanja, saj prevelik bočni pospešek vpliva na počutje potnikov in udobnost vožnje, zaradi večje obremenitve zunanje tirnice pa se skrajša njena življenjska doba, kar pomeni višje stroške vzdrževanja. Poleg tega moramo gledati tudi z varnostnega vidika, saj večje sile na zunanjo tirnico lahko vplivajo na vpetost in stabilnost tirne rešetke v kamniti gredi.

Največje možno nadvišanje določimo iz predpostavke, da je največji še dopusten bočni pospešek enak $0,981 \text{ m/s}^2$ oziroma $1g$. Tako pri $V = 0$ sledi:

$$0,981 = \frac{h}{153}$$

$$h = 153 * 0,981 = 150 \text{ mm}$$

Optimalno nadvišanje za krivino je najbolj ugodno tako za hitre potniške vlake kot tudi za počasne tovarne vlake na istem tiru. Izračunati moramo najprej minimalno nadvišanje za najhitrejši vlak in maksimalno nadvišanje za najpočasnejši vlak. Prav tako pa nadvišanje ne sme biti večje od teoretičnega nadvišanja za najhitrejši vlak in manjše od teoretičnega nadvišanja za najpočasnejši vlak.

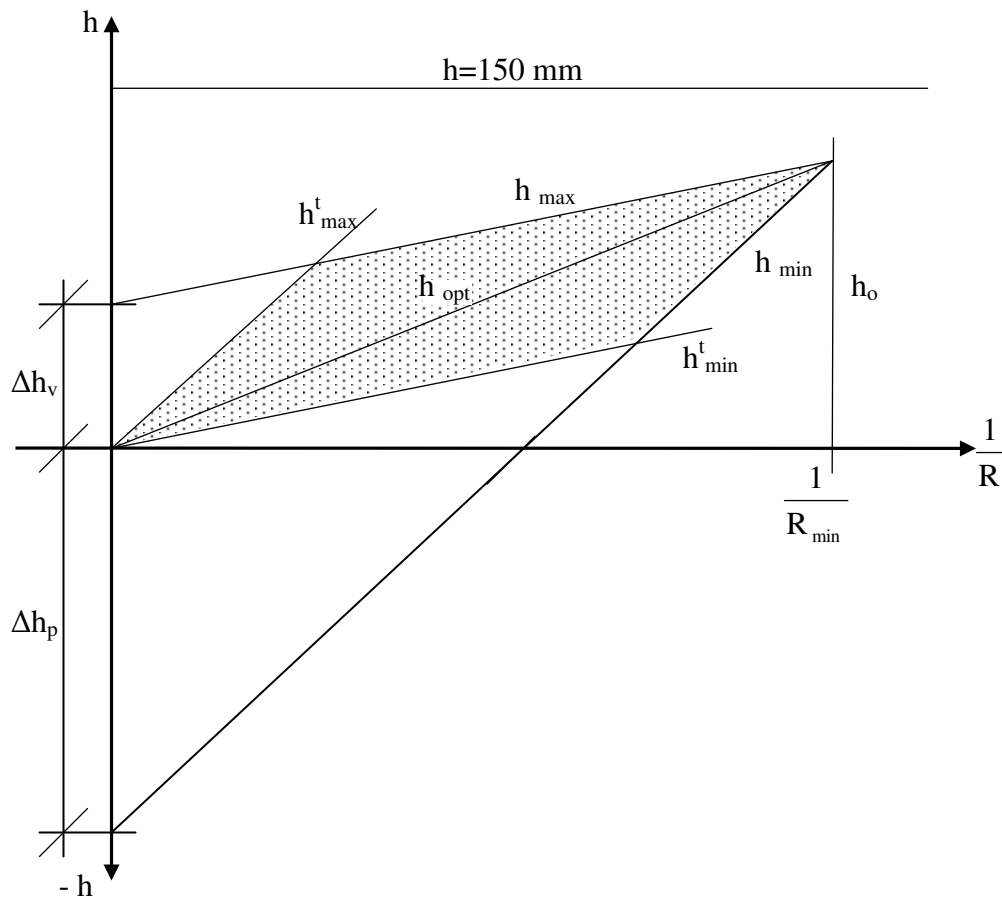
Optimalno nadvišanje se nahaja med štirimi premicami, ki so določene z naslednjimi enačbami:

- $h_{\max}^t = \frac{11,8V_{\max}^2}{R}$... premica teoretičnih nadvišanj za najhitrejši vlak

- $h_{\min}^t = \frac{11,8V_{\min}^2}{R}$... premica teoretičnih nadvišanj za najpočasnejši vlak

- $h_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{R} - \Delta h_p$... premica minimalnih nadvišanj za najhitrejši vlak

- $h_{\max} = \frac{11,8V_{\min}^2}{R} + \Delta h_v$... premica maksimalnih nadvišanj za najpočasnejši vlak



Slika 6: Diagram območja možnih nadvišanj v krivini

Premico optimalnih nadvišanj h_{opt} v funkciji polmera krožnega loka dobimo tako, da najprej ugotovimo koordinate sečišča premic maksimalnih in minimalnih nadvišanj. Absciso sečišča oziroma njeno recipročno vrednost R_{min} dobimo z izenačevanjem enačb premic in dobimo:

$$R = R_{min} = 11,8 \frac{V_{max}^2 - V_{min}^2}{\Delta h_p + \Delta h_v}$$

R_{min} je minimalni polmer krožnega loka, ki ob danih hitrostnih razmerah in nadvišanju še ustreza tako kriteriju varnosti in udobnosti kot tudi kriteriju ekonomičnosti. Ordinato sečišča h_0 , ki je ravno optimalno nadvišanje pri minimalnem polmeru krožnega loka, dobimo takole:

$$h_0 = \frac{V_{max}^2 \Delta h_v + V_{min}^2 \Delta h_p}{V_{max}^2 - V_{min}^2}$$

Optimalno nadvišanje pri polmerih krožnega loka, ki so večji od R_{min} , dobimo iz podobnih trikotnikov na sliki 5:

$$h_{opt} = \frac{h_0 R_{min}}{R}$$

Če je izračunani h_0 večji od 150 mm, privzamemo, da je $h_0 = 150$ mm, minimalni polmer pa izračunamo po enačbi:

$$R_{min} = \frac{11,8 V_{max}^2}{150 + \Delta h_p}$$

Po Pravilniku so za primankljaj nadvišanja določene naslednje vrednosti:

- maksimalno na šibkih mestih $b = 0,65 \text{ m/s}^2$ $\Delta h_p = 100 \text{ mm}$,
- maksimalno $b = 0,75 \text{ m/s}^2$ $\Delta h_p = 115 \text{ mm}$,
- izjemno $b = 0,85 \text{ m/s}^2$ $\Delta h_p = 130 \text{ mm}$.

4.4.1.2 Navedbe iz Standarda SIST ENV 13803-1, »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog«

Standard razlikuje šest različnih kategorij prometa na železniških progah:

- I – proge za mešani promet, s potniškim prometom pri hitrostih od 80 km/h do največ 120 km/h
- IIa – proge za mešani promet, s potniškim prometom pri hitrostih od 120 km/h do največ 160 km/h
- IIb – proge za mešani promet, s potniškim prometom pri hitrostih od 160 km/h do največ 200 km/h
- III – proge za mešani promet, narejene za potniške vlake s hitrostmi nad 200 km/h do 300 km/h
- IV – proge za mešani promet, narejene za potniške vlake s hitrostmi do 230 km (ali 250 km/h na posodobljenih progah), kjer imajo vozila posebne tehnične značilnosti (majhna osna teža,
- V – posebne proge za potniški promet za hitrosti med 250 km/h in 300 km/h

Referenčna hitrost je tista, ki se uporablja za potniške vlake. V nadaljevanju se upoštevajo tiste vrednosti iz standarda, ki veljajo za kategorije IIa in IIb.

Najmanjši dovoljeni polmer za največjo hitrost delovanja se izračuna:

$$R = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p}$$

kjer je h nadvišanje v milimetrih in Δh_p primanjkljaj nadvišanja v milimetrih.

Najmanjši dovoljeni polmer za najmanjšo hitrost delovanja se izračuna:

$$R = \frac{11,8V_{\max}^2}{h - \Delta h_v}$$

kjer je h nadvišanje v milimetrih in Δh_v višek nadvišanja v milimetrih.

Najmanjši polmer krivine je potrebno ugotoviti tako, da vrednosti nadvišanja, primanjkljaja nadvišanja in viška nadvišanja ustrezajo pogoju

$$\frac{11,8V_{\max}^2}{h - \Delta h_v} \geq R \geq \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p}$$

V Preglednici 5 so prikazane vrednosti iz Standarda in primerjane z vrednostmi iz Pravilnika. Uporabljene vrednosti iz Standarda veljajo za kategorije prometa IIa in IIb.

Preglednica 5: Primerjava vrednosti za nadvišanja in bočni pospešek iz Standarda in Pravilnika

	Standard		Pravilnik	
	Priporočena mejna vrednost	Največja mejna vrednost	Maksimalna vrednost	Izjemna vrednost
nadvišanje	160 mm	180 mm	150 mm	150 mm
primanjkljaj nadvišanja (tovorni prom.)	110 mm	160 mm*	115 mm	130 mm
primanjkljaj nadvišanja (potniški prom.)	150 mm	165 mm	115 mm	130 mm
višek nadvišanja	110 mm	130 mm**	ni omenjeno	
bočni pospešek	0,98 m/s ²	1,08 m/s ²	0,75 m/s ²	0,85 m/s ²

* - velja samo za posebne tovrne vagonne s posebnimi mehanskimi karakteristikami, ki so podobne potniškimi vagonom

** - za potniške vagonne višek nadvišanja ne sme presežati 110 mm

Kot vidimo v Preglednici 5, se nekatere vrednosti iz Standarda zelo razlikujejo od tistih v Pravilniku. Prav zaradi tega bi uporaba vrednosti iz Standarda olajšala projektiranje, saj omogoča pri enakih hitrostih manjše polmere krivin, to pa pomeni boljše prilagajanje reliefu oz. povečanje hitrosti pri obstoječih krivinah. Vendar pa je v Standardu navedeno tudi priporočilo, naj projektant poskuša zasnovati take krivine, da je primanjkljaj nadvišanja vsaj 20 mm pod navedenimi vrednostmi.

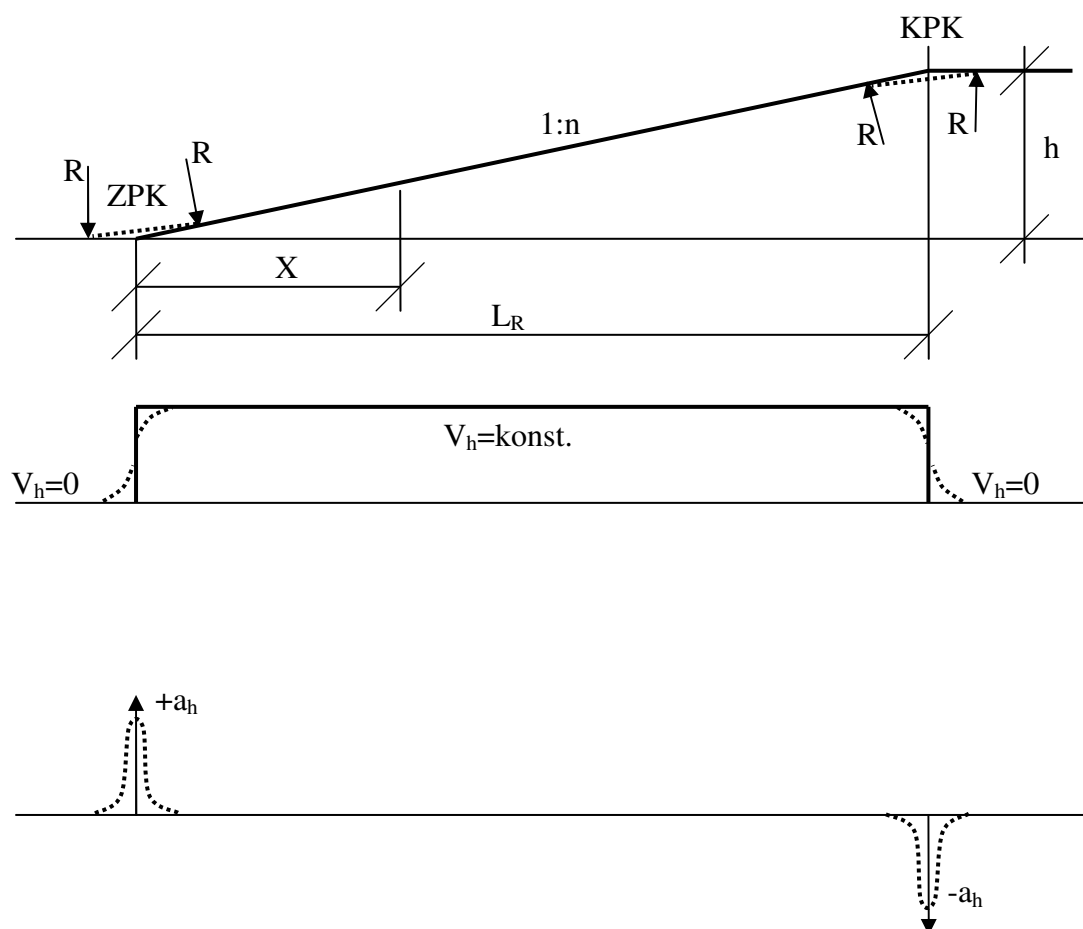
4.4.2 Prehodnice

4.4.2.1 Teoretska izhodišča in navedbe iz Pravilnika

Prehodnica je vmesna krivulja osi tira med tirom v premi in tirom v krožnem loku ali med tirom v dveh krožnih lokih različnih polmerov. V prehodnici se izvede miren prehod iz preme v krožni lok in s tem odpravi sunek, ki bi nastal ob vožnji tirnih vozil neposredno iz preme v lok. V prehodnici torej ukrivljenost zvezno naraste.

Pri tem izvedemo tudi spremembo nadvišanja s prehodno klančino. Ločimo premočrtno prehodno klančino, kjer sprememba nadvišanja poteka linearno, in krivočrtno prehodno klančino, pri kateri nadvišanje narašča po kvadratni paraboli ali kakšni drugi krivulji.

Prehodno klančino izvedemo z nadvišanjem zunanje tirnice, s poglobitvijo notranje tirnice ali pa z delnim nadvišanjem in delno poglobitvijo notranje tirnice. Najbolj pogosto uporabljeno je nadvišanje zunanje tirnice, ker je najbolj preprosta izvedba ter najenostavnejše vzdrževanje. Teoretično pride na začetku in na koncu take klančine do nezveznega prehoda, ki povzroči teoretično neskončne pospeške. Vendar pa se tirnica na obeh mestih samodejno upogne zaradi izvedbe in zaradi teže tirnega vozila, kar pospeške in pojemke zmanjša na sprejemljivo raven.



Slika 7: Oblika premočrtne klančine

Ker hitrost dviganja nadvišanja v_h zaradi kriterijev sukanja vozila okoli vzdolžne osine ne more biti poljubno velika, jo omejimo. Tako je hitrost dviganja nadvišanja določena z:

$$v_h = \frac{1000V}{3,6 n}$$

Koeficient strmine prehodne klančine n je s kriterijem hitrosti dviganja v večini železniških držav predpisan kot:

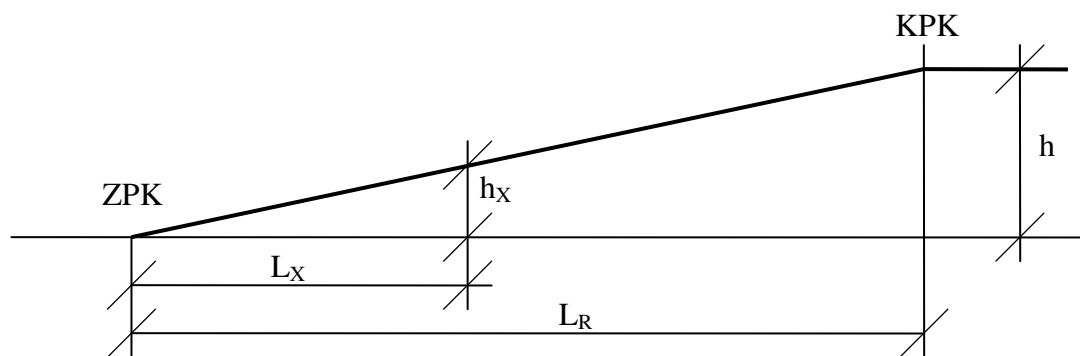
$$8 V < n < 10 V$$

pri tem pa je $n \geq 600$ za modernizacije in novogradnje.

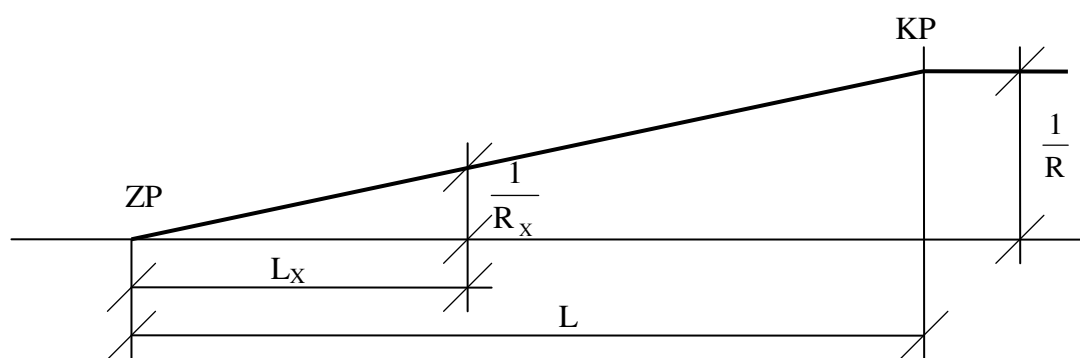
Dolžina prehodne klančine je neposredno povezana s koeficientom strmine. Tako velja za novogradnje naslednji izraz za dolžino prehodne klančine:

$$L_R = \frac{10Vh}{1000}$$

Pri prehodu med dvema različnima krožnima lokoma ali pa pri prehodu iz preme v krožni lok ali obratno pride zaradi spremembe smeri do sunka, ki je posledica bočnega pospeška. Da bi ublažili sunek, moram vmes postaviti geometrijski element, ki omogoča postopno spremembo smeri. Temu elementu rečemo tudi prehodnica. Zanj se uporablja več različnih geometrijskih krivulj, katere ukrivljenost se lahko spreminja premočrtno ali pa krivočrtno, temu ustrezno pa se tudi v prehodnih klančinah nadvišanje spreminja premočrtno ali krivočrtno. Prehodnica tako sovпада s prehodno klančino v vsaki njeni točki po vsej dolžini.



slika nadvišanja



slika ukrivljenosti

Slika 8: Premočrtna prehodna klančina in prehodnica s premočrtno sliko ukrivljenosti

4.4.2.2 Navedbe iz Standarda SIST ENV 13803-1, »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog«

V Standardu so navedeni trije načini izračuna nagiba premočrtne klančine.

a) Sprememba nadvišanja kot funkcija časa dh/dt

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\Delta h \cdot V_{\max}}{3,6L} \leq \left(\frac{dh}{dt} \right)_{\lim} \quad [\text{mm/s}]$$

b) Sprememba nadvišanja kot funkcija dolžine dh/dl

$$\frac{dh}{dl} = \frac{3,6 \cdot dh}{V_{\max} \cdot dt} \quad [\text{mm/m}]$$

c) Sprememba primanjkljaja nadvišanja kot funkcija časa $d\Delta h_p/dt$

$$\frac{d\Delta h_p}{dt} = \frac{V_{\max}}{3,6L} \Delta h_p \leq \left(\frac{d\Delta h_p}{dt} \right)_{\lim} \quad [\text{mm/s}]$$

Preglednica 6: Priporočene in največje mejne vrednosti sprememb nadvišanja po Pravilniku in Standardu

	Standard		Pravilnik *	
	Priporočena mejna vrednost	Največja mejna vrednost	Normalna vrednost	Maksimalna vrednost
$\frac{dh}{dt}, v_h$	50 mm/s	60 mm/s	28 mm/s	35 mm/s
$\frac{dh}{dl}$	2,25 mm/m	2,5 mm/m	1,67 mm/m	2,5 mm/m
$\frac{d\Delta h_p}{dt}$	55 mm/s	90 mm/s	ni omenjeno	

* Po slovenskem pravilniku je normalni nagib 1:10 V_{\max} , minimalni pa 1:8 V_{\max} . Največja dopustna strmina klančine je 1:600 oz. 1:400. Po enačbah iz Standarda so izračunane ustrezne vrednosti v preglednici.

Tudi v Preglednici 6 lahko opazimo, da je Standard uporablja precej milejše vrednosti od Pravilnika.

Dolžino prehodnice določajo mejne vrednosti spreminjanja primanjkljaja nadvišanja kot funkcije časa dl/dt in spreminjanja nadvišanja kot funkcije dolžine dD/dl po naslednjih enačbah:

$$L \geq \frac{V_{\max}}{3,6} \Delta h_p \left(\frac{d\Delta h_p}{dt} \right)^{-1}$$

$$L \geq \Delta h \left(\frac{dh}{dl} \right)^{-1}$$

Merodajna je večja vrednost.

4.4.3 Določila za vlake z nagibno tehniko

V zadnjih desetletjih so se močno razvili vlaki z nagibno tehniko, ki zaradi svoje konstrukcije omogočajo precej večje hitrosti v krivinah kot navadni vlaki. Tudi na obravnavani relaciji vozi vlak z nagibno tehniko, vendar zaradi preslabega zgornjega ustroja in neustreznih signalno-varnostnih naprav na progi ne vozi z največjo možno hitrostjo, ki jo dopušča nagibna tehnika.

Pravilnik določa, da so dopustni bočni pospeški in primanjkljaji nadvišanja naslednji:

- maksimalno na šibkih mestih $b = 1,0 \text{ m/s}^2$ $\Delta h_p = 150 \text{ mm}$,
- maksimalno $b = 1,8 \text{ m/s}^2$ $\Delta h_p = 270 \text{ mm}$.

Standard zaradi zelo raznolikih določil za nagibne vlake, ki veljajo pri različnih evropskih železniških upravah, ne predpisuje vrednosti za nagibne vlake, ampak jih zaenkrat samo priporoča. Predlog trenutno navaja obseg hitrosti med 70 in 200 km/h, v prihodnosti pa se bosta najverjetneje izoblikovala dva razreda: za hitrost do 160 km/h na ovinkastih progah za regionalne vlake ter za hitrost do 230 km/h na hitrejših progah za povezave znotraj držav. V Standardu so priporočene tudi nekatere lastnosti, ki jih mora imeti zgornji ustroj železniške proge, po kateri vozijo vlaki z nagibno tehniko, česar v slovenskem Pravilniku ni. Pomembne vrednosti v Standardu so naslednje:

- dopusten primanjkljaj nadvišanja: $\Delta h_p = 275 \text{ mm}$
- dopustna hitrost spremembe nadvišanja: $dh/dt = 75 \text{ mm/s}$

Vrednosti dopustnega primanjkljaja nadvišanja se v Pravilniku in Standardu bistveno ne razlikujejo.

4.5 Vertikalni elementi

4.5.1 Nagib nivelete

Traso železniške proge v narisu prikazujemo z vzdolžnim profilom, ki je presek razvite trase z vertikalno ravnino v njeni osi. Iz vzdolžnega profila je razviden potek terenske linije, oblika in položaj projektirane trase, razvidni so useki in nasipi, umetni objekti ter križanja z drugimi prometnicami in vodotoki.

Niveleta je črta, ki v vzdolžnem profilu pomeni obliko in položaj osi projektirane trase. Sestoji iz horizontalnih in nagnjenih odsekov. Prehod nivelete iz enega nagiba v drugega se imenuje lom nivelete. Nagib posameznega elementa nivelete, ki je odsek med dvema lomoma nivelete, označimo z i in izrazimo v promilih.

$$i[\text{‰}] = \frac{1000\Delta H}{l}$$

Nagib je pozitiven, če ordinate v smeri kilometraže naraščajo oziroma negativen, če ordinate padajo. Pri projektiranju trase proge poznamo različne nagibe nivelete. Omejujejo jih varnostni, udobnostni in ekonomski kriteriji ter vlečne karakteristike vozil.

Priporočen največji dopustni nagib je na novih progah 12,5 ‰, izjemoma v težkih terenskih razmerah 17,5 ‰, na železniških postajah pa v premi 1 ‰ in krivini do 2,5 ‰.

Za celotno progo Ljubljana – Sežana na odseku Ljubljana – Divača je maksimalni dovoljeni vzdolžni nagib 12,5 ‰.

4.5.2 Določanje vzdolžnega profila

Šele po izdelavi vzdolžnega profila se je mogoče opredeliti tudi do končne lege trase v situaciji. Projektiranje vzdolžnega profila in projektiranje tlorisa trase mora biti medsebojno usklajeno in se mora med sabo dopolnjevati. Predvsem moramo paziti na določene kombinacije elementov v tlorisu in narisu, katerih sovpadanje ni dovoljeno, predvsem zaradi neugodnih voznodinamičnih vplivov. V vzdolžnem profilu so to mesta lomov in zaokrožitev nivelete, v tlorisu trase pa so to elementi, ki spreminjajo smer trase, kot so prehodnice in krožni loki. Izogibati se moramo takim lomom nivelete, ki povzročajo spreminjanje smeri sil v nizu vagonov, predvsem od tlačnih v natezne. Tak primer je vožnja na škodljivem padu z zaviranjem in prehod na ponoven vzpon.

Zaokrožitev lomov nivelete pripomore k mirnejši vožnji. Te zaokrožitve zaradi vzdrževanja izvajamo s krožnimi loki velikih radijev. Lomov nivelete, kjer je razlika manjša od 1 ‰, ne zaokrožujemo. Na odprtih progah radije zaokrožitev računamo po naslednjem načelu:

$R_V = 0,5 V_{\max}^2$ do V_{\max}^2 ... normalno

$R_V = 0,25 V_{\max}^2 > 2000$ m ... minimalno

Navedbe iz Standarda:

$R_V = 0,35 V_{\max}^2$... priporočena mejna vrednost

$R_V = 0,25 V_{\max}^2$... najmanjša mejna vrednost (ne velja za polmere pod 2000 m)

V Standardu so vrednosti nekoliko milejše kot v Pravilniku.

4.6 Svetli profil

Pri projektiranju proge je bil upoštevan svetli profil po veljavnem Pravilniku za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, ki zahteva upoštevanje profila GC. Tira bosta potekala na medtirni razdalji 4,2 m.

4.7 Izračuni elementov

Nova proga je bila projektirana v skladu z določili iz slovenskega Pravilnika za projektiranje. V nadaljevanju je opisan izračun posameznih elementov za različne radije tako po Pravilniku kot tudi po Standardu. Teoretske osnove in navedbe iz Pravilnika ter Standarda so bile opisane v prejšnjih poglavjih.

4.7.1 Najmanjši dovoljeni polmer krožnega loka

$$\underline{V_{\max} = 160 \text{ km/h}}$$

$$\text{Pravilnik: } h_{\max} = 150 \text{ mm, } R_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p} = \frac{11,8 * 160^2}{150 + 115} = 1140 \text{ m}$$

$$\text{Standard: } h_{\max} = 160 \text{ mm, } R_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p} = \frac{11,8 * 160^2}{160 + 150} = 975 \text{ m}$$

$$\underline{V_{\max} = 140 \text{ km/h}}$$

$$\text{Pravilnik: } h_{\max} = 150 \text{ mm, } R_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p} = \frac{11,8 * 140^2}{150 + 115} = 875 \text{ m}$$

$$\text{Standard: } h_{\max} = 160 \text{ mm, } R_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p} = \frac{11,8 * 140^2}{160 + 150} = 750 \text{ m}$$

$$\underline{V_{\max} = 120 \text{ km/h}}$$

$$\text{Pravilnik: } h_{\max} = 150 \text{ mm, } R_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p} = \frac{11,8 * 120^2}{150 + 115} = 645 \text{ m}$$

$$\text{Standard: } h_{\max} = 160 \text{ mm, } R_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{h + \Delta h_p} = \frac{11,8 * 120^2}{160 + 150} = 550 \text{ m}$$

Preglednica 7: Najmanjši dovoljeni polmeri za različne hitrosti

Hitrost	120 km/h	140 km/h	160 km/h
Po Pravilniku	645 m	875 m	1140 m
Po Standardu	550 m	750 m	975 m

V Preglednici 7 vidimo, da lahko za doseganje enakih hitrosti uporabimo bistveno manjše polmere kožnih lokov, če uporabimo navodila za projektiranje iz Standarda namesto iz Pravilnika.

4.7.2 Uporabljeni trasni elementi

Izračunane vrednosti za h so zaokrožene na 5 mm navzgor, izračunane vrednosti za L so zaokrožene na 5 m navzgor, izračunane vrednosti za V_{\max} so zaokrožene na 5 km/h navzdol. Kljub dopustnemu bočnemu pospešku v Pravilniku, ki znaša $0,75 \text{ m/s}^2$, sem poskušal doseči bočni pospešek $0,65 \text{ m/s}^2$. Potek izračuna je prikazan samo za nekatere najpomembnejše elemente. Ostale vrednosti so prikazane v preglednici 8. Oznake elementov in vrednosti so opisane na koncu preglednice 8.

$$\underline{V_{\max} = 120 \text{ km/h}}$$

$$\underline{R = 725 \text{ m}}$$

$$h = \frac{7,1V_{\max}^2}{R} = \frac{7,1 * 120^2}{725} = 146 \text{ mm}, \text{ izbran } h = 150 \text{ mm}$$

$$L = \frac{10Vh}{1000} = \frac{10 * 120 * 150}{1000} = 180 \text{ m}$$

$$b = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \frac{h}{153} = \frac{120^2}{13 * 725} - \frac{150}{153} = 0,547 \text{ m/s}^2$$

$$V_{\max, \text{nagib}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{725 * (150 + 270)}{11,8}} = 160 \text{ km/h}$$

$$V_{\max, \text{s tan d}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{725 * (150 + 150)}{11,8}} = 135 \text{ km/h}$$

$$L_{s \text{ tan d}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot \frac{h}{dI/dt} = \frac{120}{3,6} \cdot \frac{150}{55} = 91 \text{ m}$$

$$V_{\max, \text{lim}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{725 * (160 + 165)}{11,8}} = 140 \text{ km/h}$$

$$\underline{V_{\max} = 120 \text{ km/h}}$$

$$\underline{R = 800 \text{ m}}$$

$$h = \frac{7,1V_{\max}^2}{R} = \frac{7,1 \cdot 120^2}{800} = 132 \text{ mm}, \text{ izbran } h = 135 \text{ mm}$$

$$L = \frac{10Vh}{1000} = \frac{10 \cdot 120 \cdot 135}{1000} = 165 \text{ m}$$

$$b = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \frac{h}{153} = \frac{120^2}{13 \cdot 800} - \frac{135}{153} = 0,502 \text{ m/s}^2$$

$$V_{\max, \text{nagib}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{800 \cdot (135 + 270)}{11,8}} = 165 \text{ km/h}$$

$$V_{\max, \text{s tan d}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{800 \cdot (135 + 150)}{11,8}} = 135 \text{ km/h}$$

$$L_{\text{s tan d}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot \frac{h}{dI/dt} = \frac{120}{3,6} \cdot \frac{135}{55} = 82 \text{ m}$$

$$V_{\max, \text{lim}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{800 \cdot (160 + 150)}{11,8}} = 140 \text{ km/h}$$

$$\underline{V_{\max} = 140 \text{ km/h}}$$

$$\underline{R = 900 \text{ m}}$$

$$h_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{R} - \Delta h_p = \frac{11,8 \cdot 140^2}{900} - 100 = 156 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = \frac{11,8V_{\min}^2}{R} + \Delta h_v = \frac{11,8 \cdot 80^2}{900} + 70 = 154 \text{ mm}, \text{ izbran } h = 150 \text{ mm}$$

$$L = \frac{10Vh}{1000} = \frac{10 \cdot 140 \cdot 150}{1000} = 210 \text{ m}$$

$$b = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \frac{h}{153} = \frac{140^2}{13 \cdot 900} - \frac{150}{153} = 0,695 \text{ m/s}^2$$

$$V_{\max, \text{nagib}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{900 \cdot (150 + 270)}{11,8}} = 175 \text{ km/h}$$

$$V_{\max, \text{s tan d}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{900 \cdot (150 + 150)}{11,8}} = 150 \text{ km/h}$$

$$L_{s \text{ stand}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot \frac{h}{dI/dt} = \frac{140}{3,6} \cdot \frac{150}{55} = 107 \text{ m}$$

$$V_{\max, \text{lim}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{900 * (160 + 165)}{11,8}} = 155 \text{ km/h}$$

$$\underline{V_{\max} = 140 \text{ km/h}}$$

$$\underline{R = 1000 \text{ m}}$$

$$h_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{R} - \Delta h_p = \frac{11,8 * 140^2}{1000} - 100 = 131 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = \frac{11,8V_{\min}^2}{R} + \Delta h_v = \frac{11,8 * 80^2}{1000} + 70 = 145 \text{ mm}, \text{ izbran } h = 135 \text{ mm}$$

$$L = \frac{10Vh}{1000} = \frac{10 * 140 * 135}{1000} = 190 \text{ m}$$

$$b = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \frac{h}{153} = \frac{140^2}{13 * 1000} - \frac{135}{153} = 0,625 \text{ m/s}^2$$

$$V_{\max, \text{nagib}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1000 * (135 + 270)}{11,8}} = 185 \text{ km/h}$$

$$V_{\max, \text{stand}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1000 * (135 + 150)}{11,8}} = 155 \text{ km/h}$$

$$L_{s \text{ stand}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot \frac{h}{dI/dt} = \frac{140}{3,6} \cdot \frac{135}{55} = 96 \text{ m}$$

$$V_{\max, \text{lim}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1000 * (160 + 150)}{11,8}} = 160 \text{ km/h}$$

$$\underline{V_{\max} = 160 \text{ km/h}}$$

$$\underline{R = 1200 \text{ m}}$$

$$h_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{R} - \Delta h_p = \frac{11,8 * 160^2}{1200} - 100 = 152 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = \frac{11,8V_{\min}^2}{R} + \Delta h_v = \frac{11,8 * 80^2}{1200} + 70 = 133 \text{ mm}, \text{ izbran } h = 140 \text{ mm}$$

$$L = \frac{10Vh}{1000} = \frac{10 * 160 * 140}{1000} = 225 \text{ m}$$

$$b = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \frac{h}{153} = \frac{160^2}{13 \cdot 1200} - \frac{140}{153} = 0,726 \text{ m/s}^2$$

$$V_{\max, \text{nagib}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot (140 + 270)}{11,8}} = 200 \text{ km/h}$$

$$V_{\max, \text{stand}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot (140 + 150)}{11,8}} = 170 \text{ km/h}$$

$$L_{\text{stand}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot \frac{h}{dI/dt} = \frac{160}{3,6} \cdot \frac{140}{55} = 114 \text{ m}$$

$$V_{\max, \text{lim}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot (160 + 150)}{11,8}} = 175 \text{ km/h}$$

$V_{\max} = 160 \text{ km/h}$

$R = 1400 \text{ m}$

$$h_{\min} = \frac{11,8V_{\max}^2}{R} - \Delta h_p = \frac{11,8 \cdot 160^2}{1400} - 100 = 116 \text{ mm}$$

$$h_{\max} = \frac{11,8V_{\min}^2}{R} + \Delta h_v = \frac{11,8 \cdot 80^2}{1200} + 70 = 124 \text{ mm}, \text{ izbran } h = 120 \text{ mm}$$

$$L = \frac{10Vh}{1000} = \frac{10 \cdot 160 \cdot 120}{1000} = 195 \text{ m}$$

$$b = \frac{V_{\max}^2}{13R} - \frac{h}{153} = \frac{160^2}{13 \cdot 1400} - \frac{120}{153} = 0,622 \text{ m/s}^2$$

$$V_{\max, \text{nagib}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1400 \cdot (120 + 270)}{11,8}} = 215 \text{ km/h}$$

$$V_{\max, \text{stand}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1400 \cdot (120 + 150)}{11,8}} = 175 \text{ km/h}$$

$$L_{\text{stand}} = \frac{V_{\max}}{3,6} \cdot \frac{h}{dI/dt} = \frac{160}{3,6} \cdot \frac{120}{55} = 97 \text{ m}$$

$$V_{\max, \text{lim}} = \sqrt{\frac{R(h + \Delta h_p)}{11,8}} = \sqrt{\frac{1400 \cdot (160 + 150)}{11,8}} = 190 \text{ km/h}$$

Preglednica 8: Uporabljeni trasni elementi na novi progi

R	V _{max}	h	L	b	V _{max,nagib} *	V _{max,stand} *	L _{stand}	V _{max,lim} *
725	120	150	180	0,547	160	135	91	135 (140)
750	120	150	180	0,496	160	135	91	140
800	120	135	165	0,502	165	135	82	140
900	140	150	210	0,695	175	150	107	150 (155)
950	140	145	205	0,639	180	150	103	155 (160)
1000	140	135	190	0,625	185	155	96	160
1200	160	140	225	0,726	200	170	114	175
1300	160	130	210	0,665	> 200	175	106	180
1400	160	120	195	0,622	> 200	175	97	190
1500	160	105	170	0,627	> 200	180	85	195
1600	160	90	145	0,643	> 200	180	79	200
1800	160	70	115	0,637	> 200	180	57	> 200
1900	160	60	100	0,644	> 200	180	49	> 200
2000	160	55	90	0,625	> 200	185	45	> 200
2500	160	25	65	0,624	> 200	190	21	> 200
3500	160	0	65	0,563	> 200	> 200	0	> 200
4000	160	0	65	0,492	> 200	> 200	0	> 200
4500	160	0	65	0,438	> 200	> 200	0	> 200

* - zaokroženo navzdol na 5 km/h

Legenda:

R – polmer krožnega loka krivine (v m)

V_{max} – največja projektirana dopustna hitrost (v km/h)

h – višina nadvišanja v krivini (v mm)

L – dolžina prehodnice (v m)

b – bočni pospešek projektirane krivine (v m/s²)

V_{max,nagib} – največja dopustna hitrost nagibnega vlaka po Pravilniku (v km/h)

V_{max,stand} – največja dopustna hitrost po Standardu glede na projektirane parametre (v km/h)

L_{stand} – dolžina prehodnice po Standardu glede na projektirane parametre (v m)

$V_{\max, \lim}$ – največja dopustna hitrost po Standardu na največje dopustne parametre (največje nadvišanje 160 mm oz. največji primanjkljaj nadvišanja 150 mm (165 mm))
(v km/h)

V Preglednici 8 lahko vidimo, da je z uporabo pravil iz Standarda možno povečanje hitrosti na projektirani progi brez bistvenih gradbenih posegov. Iz te preglednice je tudi razvidno, da sem progo projektiral tako, da je tudi na odsekih z zmanjšano hitrostjo navadnih vlakov možna hitrost za vlake z nagibno tehniko vsaj 160 km/h.

5 TEHNIČNI OPIS PROJEKTIRANE VARIANTE ZA 160 KM/H LJUBLJANA – SEŽANA

5.1 Opis poteka nove variante

V nadaljevanju so vse do zaključka te diplomske naloge opisi trase večinoma razdeljeni na dva odseka: prvi odsek je od postaje Ljubljana, ki leži v km 565+907 obstoječe kilometraže, pri omenjanju novih rešitev pa se postaja Ljubljana omenja kot v km 0+000, ter do kamnitega obokanega nadvoza nad železniško progo v km 629+853 (v nadaljevanju odsek Ljubljana – Postojna), to je pri avtocestnem viaduktu Ravbarkomanda severno od Postojne. Drugi odsek sega navedenega obokanega nadvoza do postaje Divača, ki leži v km 669+565 (v nadaljevanju odsek Postojna – Divača), in je podrobneje obravnavan od prvega odseka zaradi kasnejših bolj natančno dodelanih rešitev. Tretji odsek od postaje Divača do postaje Sežana in naprej do državne meje z Italijo v tej diplomski nalogi ni obravnavan.

5.1.1 Opis poteka trase Ljubljana – Postojna

5.1.1.1 Horizontalni potek trase Ljubljana – Postojna

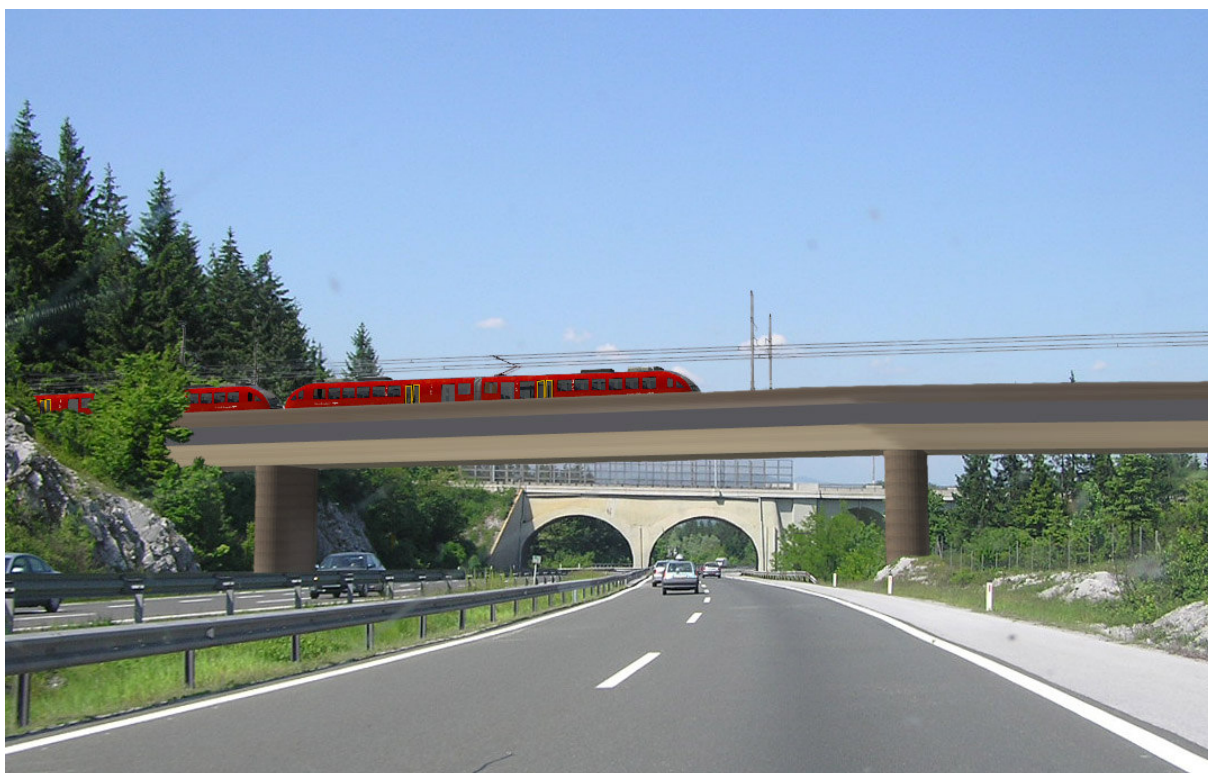
Izhodišče trase in stacioniranja nove proge je os postajnega poslopja Ljubljana. Promet na celotni novi progi je desno smiseln. Proga sprva poteka po obstoječi trasi vse do mosta čez Ljubljanico na km 14+000. Hitrost je od postaje Ljubljana v prvih dveh kilometrih skozi park Tivoli omejena na 100 km/h, nato pa proga do postaje Brezovica poteka v premi, ki sicer omogoča poljubno hitrost, vendar je omejena na 160 km/h. Na tej premi so na mestih štirih obstoječih nivojskih križanj lokalnih cest zgrajeni podvozi.

Naprej od postaje Brezovica z osjo v km 7+940 poteka trasa v loku s polmerom 1900 m, nato pa spet sledi daljša prema. V km 9+550 regionalna cesta z nadvozom prečka progo, nato pa še enkrat v Notranjih Goricah v km 11+200 s podvozom, ki mu sledi še podvoz za lokalno cesto v km 12+330. Po kratkem loku s polmerom 2000 metrov spet sledi krajša prema do mosta z Ljubljanico. Za mostom, ki ga bo potrebno rekonstruirati, se nahaja postaja Preserje z osjo v km 14+785, ki je rekonstruirana zaradi premajhnih obstoječih lokov, ki omogočajo hitrost

samo 100 km/h, tako da glavna prevozna tira v loku 1300 metrov potekata zahodno od obstoječe tirne mreže v nižjem nasipu, v km 14+640 pa se zgradi še podvoz za regionalno cesto

Za osjo postaje Preserje nova proga dvakrat križa obstoječo progo v lokih s polmeroma 2500 m in 1400 m, nato pa spet poteka po obstoječi progii. Med obema omenjenima lokoma se zgradi nov nadvoz za lokalno cesto. V km 17+200 se omeji hitrost na 140 km zaradi poteka trase po obstoječi progii po dveh lokih s polmerom 1000 metrov, nato pa spet v loku s polmerom 950 metrov. Trase zaradi pregoste poselitve ni možno speljati za hitrost 160 km/h, saj bi bilo potrebnih preveč rušenj stanovanjskih in gospodarskih stavb. V km 20+760 se nahaja os postaje Borovnica.

Postajo Borovnica je potrebno na njenem južnem delu delno rekonstruirati, saj se za njo trasa nove proge prvič resneje oddalji od trase obstoječe proge. Tako se trasa v loku s polmerom 900 metrov, ki je minimalni dopustni za hitrost 140 km/h, začne dvigati preko borovniške doline v nasipu ter dvema podvozoma za lokalni cesti preide v km 21+975 v prvi in hkrati tudi najdaljši predor na celotni trasi. Predor je dolg 3875 metrov, v njem se po loku proga obrne nazaj proti severu. V predoru se po loku na km 24+500 omejitev hitrosti dvigne na 160 km/h, predor pa se konča v loku s polmerom 1500 m. Trasa se takoj po koncu predora priključi na traso obstoječe proge, po kateri z manjšimi odmiki v usekih ali nasipih teče vse do postaje Verd. V km 27+720 gozdna cesta z nadvozom prečka železniško progo. Po dveh lokih s polmeroma 1500 in 1400 metrov ter vmesnih premah se na km 28+200 hitrost zopet spusti, in sicer na 120 km/h. V lokih s polmeri 750, 725 in 800 m proga doseže postajo Verd. V km 29+140 se začne 90 m dolg pobočni viadukt, ki je zgrajen zaradi zelo strmega pobočja, ki ne omogoča poteka trase v nasipu. V km 29+550 pa nov nadvoz za gozdno cesto zamenja starega.



Slika 9: Prikaz poteka trase po viaduktu V2 pri Štampetovem mostu preko avtoceste nad Vrhniko

Postajo Verd bo potrebno rekonstruirati predvsem zaradi priključevanja postajnih tirov, prevozna tira pa bosta potekala po zahodni zunanji strani tirne mreže. Takoj za postajo Verd se v km 31+590 začne drugi predor z dolžino 2120 m, del predora poteka v loku s polmerom 800 metrov. Proga izstopi iz predora blizu Štampetovega mosta, ki staro progo vodi preko avtoceste. Nova proga po viaduktu z dolžino 230 m z začetkom v km 33+800 v loku s polmerom 800 m preči dolino z avtocesto in vzporedno lokalno cesto in se nato na zahodni strani doline znova priključi na obstoječo progo, ki pa ji sledi le nekaj sto metrov, ko se v loku s polmerom 800 m odcepi od obstoječe proge v predor z dolžino 680 m z začetkom v km 35+010, takoj za koncem predora pa se spet priključi obstoječi progi. Nato v loku s polmerom 725 m preide v visok nasip, s katerim se zasuje vrtača, hkrati pa se vzporedno zgradi še deviacija za glavno cesto, katero bi sicer bilo potrebno prečiti z dvema podvozoma. Kljub temu se na km 36+425 zgradi podvoz za gozdne ceste na tem območju. Po tej krivini se zopet priključi stari trasi, omejitev hitrosti pa se na km 37+350 zviša nazaj na 160 km/h, ko proga iz pobočnega vzpona preide v logaško kotlino. Proga nato v loku s polmerom 1400 m preide v

km 38+710 predor z dolžino 310 m, s katerim se prebije manjši grič. Po predoru proga križa obstoječo progo, se z lokom s polmerom 1500 m ogne obstoječi transformatorski postaji in se ji nato priključi pred postajo Logatec, katere os leži v km 40+225. Pred postajo se s podvozom na km 39+575 preči lokalna cesta.

Postaja Logatec mora biti tako na severnem kot južnem delu delno rekonstruirana, da se omogoči vožnja vlakov po prevoznih tirih s hitrostjo 160 km/h. Za postajo se začne niveleta zopet dvigati in v treh lokih s polmeri 1400, 2500 in 1500 m obvozi sedanjo progo do avtocestnega viadukta Derviše, ki prečka obstoječo železniško progo. Gozdne ceste na tem območju so prečkane z dvema podvozoma. Nova proga izkoristi potek obstoječe proge pod viaduktom, nato pa se v minimalnem polmeru za hitrost 160 km/h, ki znaša 1200 m z dvema križanjema obstoječe proge začne približevati vzporednemu poteku železnice in avtoceste. Za lokom s polmerom 1400 m nova proga še enkrat križa obstoječo, nato pa do kilometra 51+000 poteka po nasipih vzporedno med staro progo in avtocesto, vmes pa večkrat izkoristi potek po stari progii. Polmeri krivin segajo od 1500 do 3500 m. Z nadvozom in podvozoma se izvennivojsko križajo gozdne ceste na tem območju. Za kilometrom 51+000 pri naselju Ivanje selo se proga oddalji od avtoceste in sledi obstoječi progii.

Za krivino s polmerom 1400 m se na km 52+750 m nahaja cepišče Rakek sever, kamor se odcepi severni priključni tir do postaje Rakek. Nova proga pa se nadaljuje pod nadvozom za lokalno cesto na km 53+130 do predora z dolžino 770 m z začetkom na km 53+275, ki obvozi postajo Rakek. Za predorom nova proga s podvozom na km 54+155 prečka regionalno cesto, z desne pa se preko južnega priključnega tira v cepišču Rakek jug na km 54+650 naveže na postajo Rakek. Zaradi težavne konfiguracije terena je potrebno to cepišče speljati po krivinskih kretnicah, glavna proga pa ima polmer loka 1200 m. Tako proga izmenjajoče v usekih in visokih nasipih po južni strani obide polje med Rakekom in Uncem. Z dvema podvozoma na km 54+835 ter km 55+695 se prečijo poljske in gozdne poti, hkrati pa se v tej krivini kar trikrat križata trasi stare in nove proge. V km 56+035 proga preide v predor dolžine 870 m, še vedno v krivini s polmerom 1200 m. Za predorom se trasa izravna ter preide v km 56+975 na viadukt z dolžino 420 m, temu pa takoj v km 57+705 sledi še eden z dolžino 540 m in sicer v krivinah s polmeroma 1600 in 1300 m. Viadukt preči dolino Postojnskih vrat in se konča tik pred avtocesto, ki teče v useku. Zaradi zelo majhnega kota

križanja nove proge in avtoceste je potrebno nad avtocesto zgraditi podaljšan podvoz oz. galerijo, po kateri se vodi nova železniška proga. Za tem podvozom se v kilometru 59+000 nova proga zopet priključi na staro in teče po njej v premah in krivinah s polmerom 1400 m vse do km 61+752.

5.1.1.2 Višinski potek trase Ljubljana – Postojna

Od postaje Ljubljana, ki leži na višini 298,5 m do postaje Borovnica poteka nova proga skladno z niveleto stare proge, potrebne so le manjše prilagoditve. Poteka večinoma v ravnini z le majhnimi vzponi ali padci. Najnižjo točko doseže pri mostu čez Ljubljanico v km 14+000 in sicer višino 293,25 m. Postaja Borovnica ima os na višini 299,5 m, za njo pa se začne dvigati v predor in nato po pobočju vse do postaje Verd v naklonih med 10,5 in 11 ‰. Na postaji Verd je v območju kreditnih povezav naklon pod 1 ‰, nato se spremeni in v predoru naraste na 11,9 ‰. S tem naklonom tudi preči avtocesto na viaduktu. Naklon ne pade pod 11 ‰ vse do izhoda iz predora P3, ko se začne približevati Logaški kotlini. Najprej pade na 8,8 ‰, nato pa do postaje Logatec na 2,4 ‰.

Na postaji Logatec je naklon manjši od 1 ‰ za njo pa se proga spet odločneje dviguje, največji naklon je 12,4 ‰, ki se konča pod viaduktom Derviše, za njim pa se naklon počasi izravna. Proga se nato počasi vzpenja v usekih in nato nasipih, izkorišča pa tudi potek obstoječe trase. Nakloni znašajo med 0,7 in 5,3 ‰. Z naklonom 3,7 ‰ proga preide cepišče Rakek sever in vstopi v predor mimo Rakeka. Na drugi strani predora se začne proga dvigati s 8,7 ‰, na začetku tega vzpona pa je tudi cepišče Rakek jug. Nova proga se hitreje dviga od stare, saj mora zaradi krajše razdalje pridobiti na višini. Z enakim naklonom vstopi v predor in nato preči Postojnska vrata na dveh viaduktih in še avtocesto v podaljšanem podvozu oz. galeriji. Za tem se naklon ublaži na 6,5 ‰ in na vrhu Postojnskih vrat doseže najvišjo točko celotne trase s 602,72 m. Za to točko se začne z naklonom 5,1 ‰ spuščati proti Postojni.

5.1.2 Opis poteka trase Postojna – Divača

5.1.2.1 Horizontalni potek trase Postojna – Divača

V km 61+752 oz. po obstoječi stacionaži v km 629+853 se začne odsek, ki je podrobneje obdelan. Odsek se začne v premi v točki pod obstoječim cestnim nadvozom. Od njega se nova proga nadaljuje v krivini s polmerom 1400 m na viadukt dolžine 440 m z začetkom v km 62+265, ki teče vzporedno z avtocestnim viaduktom Ravbarkomanda. Pod viaduktom v deviacijah dvakrat poteka glavna cesta.



Slika 10: Prikaz poteka trase preko viadukta V5 pri avtocestnem viaduktu Ravbarkomanda

V km 62+914.815 se nahaja cepišče Postojna sever, kjer se odcepi severni priključni tir za postajo Postojna. Za cepiščem poteka nova proga v loku s polmerom 1200 m v usekih in nasipih med avtocesto in postajo Postojna. Pri tem se lokalni cesti prečita z nadvozoma v km 63+555 (ta poteka tudi preko severnega priključnega tira postaje Postojna) in v km 64+255. Dalje nova proga poteka v premi. V km 64+755 proga zaradi zelo ostrega kota križanja obeh

prometnic s podaljšanim podvozom oz. galerijo preči avtocesto. Po krajšem useku se v km 65+025 prične 240 m dolg viadukt, ki premosti globel med starim železniškim nasipom in hribom na nasprotni strani. Na viaduktu se v km 65+100 zmanjša dovoljena hitrost na 140 km/h zaradi prihajajoče krivine s polmerom 1000 m. Polmera zaradi navezav v cepišču Postojna jug ter zelo težavnega terena ni bilo moč povečati. V tej krivini se v km 65+435 prične predor dolžine 340 m, za njim pa se iz desne strani približa južni priključni tir za postajo Postojna. Pred cepiščem Postojna jug se zaradi niveletne razlike med priključnim tirom in glavno progo ter uporabljenih horizontalnih elementov na desni strani glavne proge nahaja nizek podporni zid dolžine 75 m, ki se začne v km 66+105. V km 66+596.792 se nahaja cepišče Postojna. Za cepiščem v km 66+735 z nadvozom prečka železniško progo lokalna cesta.

Po kratkem useku in nasipu, s katerim se križa stara proga, se s krivino polmera 1400 m v km 67+035 prične 210 m dolg pobočni viadukt, ki preči zarezno dolino v pobočju hriba. Proga zopet prečka staro progo, nato pa v km 67+615 preide v predor dolžine 320 m, ki se izravna v premo. Za predorom se nahaja podvoz v km 68+135, za njim pa se za nekaj sto metrov nova proga zopet priključi stari progi. Nova proga v premi nadaljuje spust v dolino in v km 68+565 z najdaljšim viaduktom na trasi dolžine 760 m preči dolino pri Matenji vasi.



Slika 11: Viadukt V8 pri Matenji vasi

Viadukt se konča v km 69+325, takoj za njim pa se v km 69+464 nahaja cepišče Prestranek sever, od koder se odcepi severni priključni tir postaje Prestranek. Glavna proga se nato v loku s polmerom 1400 spusti proti reki Pivki, še pred njo pa preči lokalno cesto s podvozom v km 70+335. V km 70+535 se prične 90 m dolg most preko reke Pivke. Most je precej daljši od širine struge reke Pivke in sicer zaradi lažjega odvajanja poplavnih vod, saj je to poplavno območje. Po mostu ob levi strani teče regulirani potok Slavinšek, nato pa sledijo trije objekti: v km 71+010 se nahaja podvoz glavne ceste, v km 71+065 most čez Slavinšek in nato še v km 71+180 podvoz lokalne ceste. Za temi objekti sledi kratka krivina s polmerom 4000 m, nato pa se z desne strani približa južni priključni tir postaje Prestranek, ki teče po stari progi in se z glavno progo združi v km 71+753.884 v cepišču Prestranek jug.

Proga v nadaljevanju poteka po stari trasi, vendar se kmalu z lokom polmera 1400 m odmakne od nje in z visokim nasipom prečka majhno dolino in s podvozom lokalno cesto v km 72+675. Proga nato iz nasipa preide v usek in nato v km 72+985 v najkrajši predor na celotni trasi z dolžino 270 m. Predor v loku polmera 1400 m zaobide vas Selce, njemu pa sledita dva podvoza v km 73+315 ter km 73+570, ki vključujeta tudi preliva za dva majhna potoka. Trasa nove proge nato poteka v premi po pobočju hriba zahodno od stare proge pod vasjo Gradec. V km 74+355 lokalna cesta prečka progo z nadvozom, nato pa v km 74+610,718 sledi cepišče Pivka sever, od koder se odcepi severni priključni tir za postajo Pivka. V območju cepišča v poteka tudi podvoz gozdne ceste v km 74+700, ta podvoz pa vključuje tudi preliv za majhen potok. Za cepiščem se glavna proga v dolgem loku s polmerom 1200 m ogne hribu, s podvozom prečka gozdno cesto v km 75+525 in v km 75+685 vstopi v 1160 m dolg predor, ki zaobide postajo Pivka.

Za predorom se iz leve strani približa vzhodni priključni tir postaje Pivka, ki se z glavno progo združi v cepišču Pivka vzhod v km 77+239.120. Nekaj sto metrov v okolici cepišča nova proga poteka po trasi stare, nato pa se s S-krivino polmera 1400 m najprej umakne v globlji usek, potem pa križa s staro progo in umakne na pobočni viadukt dolžine 270 m z začetkom v km 78+315. Za viaduktom se proga priključi stari trasi, ki ji sledi okoli 1000 m, nato pa z lokom s polmerom 1400 m najprej križa obstoječo progo, prečka krajevno cesto s podvozom na km 80+360 in v predoru dolžine 680 m z začetkom v km 80+620 zaobide industrijsko postajo tovarne krmil v Neverkah. Po predoru sledi nekoliko daljša prema, nova

proga pa poteka vzporedno s staro na oddaljenosti med 60 in 20 metrov. V km 82+340 se prične predor z dolžino 540 m, ki poteka vzporedno s predorom Košanski na stari progi in sicer na minimalni medosni oddaljenosti predorskih cevi 30 m. Stari predor namreč ni primeren za tovore nakladalnega profila GC, zato je bolj smiselno zgraditi nov predor vzporedno s starim, kot pa prenavljati starega. Po predoru preide proga iz useka v nasip, ki je delno naslonjen na starega, zato gradnja viadukta ni potrebna, pod nasipom pa v propustu teče majhen potok. Pri tem se podre staro postajališče Košana in nadomesti z novim. Poleg postajališča je v km 83+150 podvoz lokalne ceste, na zahodni strani nasipa pa se zgradi še deviacija za lokalno cesto, ki jo nova proga povezi. Za tem nasipom proga v km 83+360 preide v 1620 m dolg predor, ki se prične v kratki krivini s polmerom 4500 m, nato nadaljuje v premi in zaključi s krivino polmera 1600 m.

Za tem predorom trasa poteka po grebenih hribov in nad globokimi dolinami, ki ležijo v pobočju Vremščice. Prečeni so s predori in z visokimi viadukti. Iz predora izstopi proga v zatrepni dolini, kjer se izvennivojsko križa s staro progo, ki teče nad novo progo. Takoj za nadvozom stare proge proga spet vstopi v predor dolžine 430 m. Takoj za predorom v km 85+700 proga preide na prvega od serije visokih viaduktov. Dolžina tega viadukta je 380 m, konča pa se na grebenu pod vasjo Gornje Ležeče ter pod staro železniško postajo Gornje Ležeče.



Slika 12: Prečenje doline z viaduktom V11 pri Gornjih Ležečah

Navezava na obstoječo postajo ni možna, zato se postaja opusti, namesto nje pa je možna zgraditev postajališča pod staro postajo. V km 86+150 se nahaja tudi podvoz za lokalno cesto. Proga po tem grebenu poteka v krivini s polmerom 1800 m. Za grebenom se v km 86+420 prične nov viadukt dolžine 340 m, ki je hkrati tudi najvišji na celotni trasi s 77 metri višine, za njim pa proga v km 86+830 preide v zadnji predor na trasi dolžine 410 m. Za predorom je proga speljana nekaj časa v useku v krivini s polmerom 1800 m, nato pa preide na še en visok viadukt. Viadukt je dolg 380 m in se začne v km 87+620. Za viaduktom je nov greben, ki ga proga preide v premi in useku, na njem pa se nahaja tudi nadvoz za gozdno cesto v km 88+190. Za grebenom proga poteka v polmeru 1400 m delno po pobočju hriba, delno pa premošča dolino pri vasi Dolnje Vreme. Prvi viadukt je dolg 680 m z začetkom v km 88+420, na obeh straneh viadukta pa je zaradi zmanjšanja tako priključnih nasipov kot tudi viadukta na levi strani podporni zid (na vzhodni strani dolžine 40 m, na zahodni strani pa 110 m). Proga

se za viaduktom močno približa stari progi, vendar je niveletna razlika kar 14 metrov, zato je nova proga nekoliko odmaknjena proti jugu, poteka pa v useku, ki nato preide v nasip in še zadnji viadukt dolžine 170 m z začetkom v km 89+380 (prikazan je na Sliki 9). Na obeh straneh viadukta je zaradi zmanjšanja tako priključnih nasipov kot tudi viadukta na levi strani podporni zid (na vzhodni strani dolžine 35 m, na zahodni strani 60 m).



Slika 13: Prikaz poteka trase po pobočju nad vasjo Vremski Britof preko viaduktov V14 (desno) in V15 (levo)

Za viaduktom se proga v useku po krivini s polmerom 1600 m spusti na ravnino Divaški Gabrk. Pri tem je v km 90+870 zgrajen nadvoz za lokalno cesto, usek pa se kmalu spremeni v višji nasip v premi s podvozom za gozdno pot v km 91+860 ter podvozom za divaško letališče v km 92+570. Posebej je potrebno preveriti, kako se trasa nove proge križa z letalnimi potmi nad letališčem. V primeru konfliktnih situacij je potrebno sprejeti določene ukrepe (drugačne letalne poti, premestitev letališke steze). Proga se za tem nekoliko dvigne in se s krivino polmera 1600 m v nižjem useku priključi trasi stare proge, ki ji sledi do postaje Divača. Tik

pred postajo Divača je zaradi krivine s polmerom 290 m hitrost zmanjšana na 80 km/h. Postaja Divača bo rekonstruirana ob gradnji drugega tira Divača – Koper, vendar ta rekonstrukcija v tej nalogi ni upoštevana. Obravnavani odsek se konča v osi postaje Divača v km 95+107.860.

5.1.2.2 Višinski potek odseka Postojna – Divača

Od začetka obravnavanega odseka v km 61+752 se proga spušča vse do Prestranka. S spustom 5,7 ‰ preko viadukta (z največjo višino tirov nad dolino 24 m) pelje preko doline pri Ravbarkomandi, čez cepišče Postojna sever, za njim pa se začne proga mimo postaje Postojna malenkostno dvigati s 0,4 ‰, da pridobi zadostno višino za prečkanje avtoceste (avtocesta na osi podvoza poteka na višini 578,5 m, vendar je zaradi njenega spusta 4 ‰ in naklona železnice nad njo potrebna rezervna višina – njena natančna vrednost v tej nalogi ni obdelana). Za avtocestnim podvozom se začne proga spuščati z 8,8 ‰ najprej po viaduktu (z največjo višino tirov nad dolino 10 m), nato v predoru in preko cepišča Postojna jug, ki poteka delno v vklopu, delno v zaseku v nov visok usek, ki se kmalu spremeni v visok nasip in nadaljuje s pobočnim viaduktom (z največjo višino tirov nad dolino 24 m). Naklon z njim naraste na 11,7 ‰. Takoj za viaduktom proga preide v usek in v predor, za predorom pa se naklon zmanjša na 9,5 ‰, na tem območju pa je tudi dvojna medtirna zveza. Za njo se začne dolg viadukt (z največjo višino tirov nad dolino 20 m), proga pa se nato z enakim naklonom nadaljuje prek cepišča Prestranek sever. Po cepišču se z naklonom 4,5 ‰ preko nasipa spusti v dolino reke Pivke, ki jo preči z mostom.

Proga doseže najnižjo točko v tej dolini s 534,21 m, za to točko pa se zopet začne dvigati. Z nakloni med 7,8 in 8,6 ‰ se dviga po trasi obstoječe proge ali pa blizu nje izmenjajoče v usekih in nasipih preko cepišč Prestranek jug in Pivka sever. Pred vstopom v predor mimo Pivke se proga izravna na manj kot 1 ‰ naklona, v predoru pa doseže drugo najvišjo točko na tem delu z 572,38 m. Za njim se proga preko cepišča Pivka vzhod in naprej spušča v naklonih med 6,7 in 7,0 ‰ vse do Košane, tudi po pobočnem viaduktu za Pivko (z največjo višino tirov nad dolino 19 m) in obeh predorih. Proga do Košane razen v objektih poteka večinoma po stari trasi ali ob njej, useki in nasipi pa so večinoma majhni. Za Košano, kjer je visok nasip, ki se deloma naslanja na starega, proga vstopi v predor po največjem naklonu na celotni trasi,

12,47 ‰. Proga se mora spustiti dovolj nizko, da se lahko zgradi nadvoz za staro progo. Za nadvozom se naklon zmanjša na 5,6 ‰, proga pa poteka sprva po predoru, nato pa po dveh visokih viaduktih mimo Gornjih Ležeč (z največjo višino tirov nad dolino 68 in 77 m). Za obema viaduktoma sledi zadnji predor, za njem poteka proga v višjem useku, kje se naklon poveča na 11,9 ‰, sledijo še trije viadukti (z največjo višino tirov nad dolino 70, 53 in 20 m) z vmesnimi useki. Na točki za zadnjim viaduktom se 14 metrov višje nahaja stara železniška proga. S stalnim naklonom 11,9 ‰ se proga spusti v Divaški Gabrk, zatem se na kratkem odseku vzpne za 6,7 ‰ in nato spet pada proti postaji Divača z 2,5 ‰ (ta zadnji spust je precej manjši kot pri stari progji). Postajo Divača doseže proga na višini 431,3 m.

5.1.3 Priključki na postaje na odseku Postojna – Divača

Na obravnavanem odseku Postojna – Divača so tri postaje vezane na glavno progo preko priključkov. V nalogi so obdelani priključki na postaje Postojna, Prestranek in Pivka. Vsi priključki so enotirni, priključevanje pa je pri vseh nivojsko, kar pomeni, da sta pri prehodu vlaka iz enega na drug tir in nato na priključek oba tira na tem odseku za določen čas zaprta. Boljša možnost bi bili izvennivojski priključki, vendar so bistveno dražji in zavzamejo veliko prostora. Priključek poteka po enem izmed tirov obstoječe dvotirne proge. Drugi tir se opusti, saj zaradi kratke razdalje med cepiščem z glavne proge in postajne tirne sheme ni potreben.

5.1.3.1 Horizontalni potek priključka Postojna

Priključek Postojna na postajo Postojna se prične v cepišču Postojna sever v km 62+914.145. Zasnovan je kot enotirna povezava do prve kretnice v tirni shemi postaje Postojna. Od glavne proge se odcepi z desno kretnico s polmerom odklonskega tira 760 m, kar omogoča hitrost 80 km/h. Nekaj časa poteka tir ob glavni progji, nato pa se oddalji po trasi stare proge proti postaji. Po krivini s polmerom 375 m se v km 63+578 tir naveže na desni tir stare proge, hitrost pa se omeji na 75 km/h. Postaja Postojna, katere os se nahaja v km 64+639.145 ostaja v večji meri nespremenjena, potrebne so le manjše spremembe na začetku in koncu postaje zaradi zmanjšanja števila tirov, ki pripeljejo na postajo. Za postajo se v km 65+134 iz levega tira stare proge začne nov tir, ki horizontalno sledi stari progji, ne pa vertikalno. Po dveh krivinah s polmeroma 275 m se poveča najvišja dovoljena hitrost na 80 km/h, tir pa se s

polmerom 350 m približa glavni progi, ko mu skoraj vzporedno sledi dobra pol kilometra. Na koncu se s kretnico s polmerom odklonskega kraka 760 m, kar omogoča hitrost 80 km/h, v cepišču Postojna jug priključi na desni tir glavne proge v km $66+654.739 = 66+596.792$ (pogrešni profil).

5.1.3.2 Višinski potek priključka Postojna

Priključek Postojna se prične v cepišču Postojna sever na višini nivelete 595,664 m z naklonom 5,7 ‰ v spustu. Na staro progo se priključi z naklonom 4,3 ‰. Po postaji Postojna se stara proga naveže na novo z naklonom 8,6 ‰, nato pa se naklon zmanjša na 1,8 ‰, da priključek višinsko ujame glavno progo. Na cepišče Postojna jug se veže z naklonom 8,8 ‰ na višini 572,882 m.

5.1.3.3 Horizontalni potek priključka Prestranek

Priključek Prestranek na postajo Prestranek se prične v cepišču Prestranek sever v km $69+464.345$. Zasnovan je kot enotirna povezava do prve kretnice v tirni mreži postaje Prestranek. Od glavne proge se odcepi z desno kretnico s polmerom odklonskega tira 760 m, kar omogoča hitrost 80 km/h. Nato preide s krivino polmera 600 m do navezave na desni tir stare proge v km $69+901$. Hitrost ostaja omejena na 80 km/h. Postaja Prestranek, katere os se nahaja v km $70+624.345$ ostaja v večji meri nespremenjena, potrebne so le manjše spremembe na začetku in koncu postaje zaradi zmanjšanja števila tirov, ki pripeljejo na postajo. Za postajo se v km $71+525$ iz desnega tira stare proge začne nov tir, ki sledi stari progi. Novi tir se s krivino s polmerom 800 m priključi s kretnico s polmerom odklonskega kraka 760 m v cepišču Prestranek jug priključi na desni tir glavne proge v km $72+047.549 = 71+753.884$ (pogrešni profil).

5.1.3.4 Višinski potek priključka Prestranek

Priključek Prestranek se prične v cepišču Prestranek sever na višini nivelete 542,768 m z naklonom 9,5 ‰ v spustu. Na staro progo se naveže z naklonom 7,7 ‰. Po postaji Prestranek

se proga izravna in nato začne dvigati. Stara proga se naveže na novo z naklonom 7,35 ‰, na cepišče Prestranek jug pa se veže z naklonom 7,8 ‰ na višini 541,111 m.

5.1.3.5 Horizontalni potek priključka Pivka

Priključek Pivka na postajo Pivka se prične v cepišču Pivka sever v km 74+610.716. Zasnovan je kot enotirna povezava do prve kretnice v tirni mreži postaje Pivka. Od glavne proge se odcepi z levo kretnico s polmerom odklonskega tira 760 m, kar omogoča hitrost 80 km/h. Nato preide v krivino polmera 300 m, za njo pa se v km 75+248 naveže na levi tir stare proge, hitrost pa se omeji na 75 km/h. Skozi postajo, katere os se nahaja v km 76+595.718, je hitrost omejena na 65 km/h. Postaja ostaja v večji meri nespremenjena, potrebne so le manjše spremembe na začetku in koncu postaje zaradi zmanjšanja števila tirov, ki pripeljejo na postajo. Za postajo, na kateri se odcepi proga proti Ilirski Bistrici in naprej proti Reki, se v smeri proti Divači v km 77+686 iz levega tira stare proge začne nov tir, ki sledi stari progii. Najvišja dovoljena hitrost se poveča na 80 km/h. Za premo poteka proga po krivini s polmerom 375 m, za krivino pa poteka skoraj vzporedno z glavno progoo. Preko krivine s polmerom 850 m se s kretnico s polmerom odklonskega kraka 760 m v cepišču Pivka vzhod priključi na levi tir glavne proge v km 78+511.085 = 77+239.120 (pogrešni profil).

5.1.3.6 Višinski potek priključka Pivka

Priključek Pivka se prične v cepišču Pivka sever na višini nivelete 565,0 m z naklonom 8,6 ‰ v dvigu. Na staro progoo se naveže z naklonom 8,3 ‰. Po postaji Pivka se proga izravna in začenja spuščati. Stara proga se naveže na novo z naklonom 5,9 ‰, na cepišče Pivka vzhod pa se veže z naklonom 7,0 ‰ na višini 567,689 m.

5.1.4 Obrazložitev izrednih omejitev hitrosti pod 160 km/h

Na celotnem odseku Ljubljana – Divača je pet odsekov, kjer je projektirana hitrost manjša od 160 km/h, za katero je sicer bila projektirana celotna trasa.

Prvi odsek je na uvozu oz. izvozu iz postaje Ljubljana med km 0+000 in km 2+000 v dolžini 2 km, to je v območju parka Tivoli, kjer je hitrost omejena na 100 km/h. Ker na postaji Ljubljana ustavljajo vsi potniški vlaki, povečevanje hitrosti na tem območju, tudi zaradi visoke urbanizacije območja, ni smotno.

Drugi odsek je med km 17+200 in km 24+500 v dolžini 7,3 km, to je okoli Borovnice, kjer je hitrost omejena na 140 km/h. V prvem delu je hitrost omejena zaradi goste poselitve ob progi, obstoječa trasa pa že vsebuje elemente za hitrost 140 km/h, zato bi povečanje hitrosti na 160 km/h do postaje Borovnica bilo nesmotno, ker bi bilo le za majhno povečanje hitrosti potrebno opraviti preveliko število rušitev. Za postajo Borovnica mora proga opraviti 180 stopinjski obrat, kar bi sicer lahko opravila tudi z lokom, ki bi omogočil hitrost do 160 km/h, vendar bi se zaradi tega preveč podaljšala trasa in tudi predor, s tem pa bi se izničili vsi učinki povišanja hitrosti. Tranzitni potniški vlak, ki bi vozil 160 km/h, zaradi tega odseka pridobi približno 45 sekund skrajšanja potovalnega časa.

Tretji odsek je med km 28+200 in km 37+350 v dolžini 9,15 km, to je po pobočju nad Verdom in Vrhniko, kjer je hitrost omejena na 120 km/h. Od začetka tega odseka do postaje Verd proga večinoma uporablja staro traso in kakršna koli povečanja hitrosti bi vodila v drastično povečanje dolžin predorov ali viaduktov. Za postajo Verd poskuša proga čimbolj izkoristiti staro traso, na določenih odsekih pa se umakne v predore. Za večjo hitrost bi bilo potrebno zgraditi precej daljše predore ali viadukte, katerih izgradnja ne bi upravičila posledičnega povečanja hitrosti. Poleg tega je obstoječa postaja Verd nerodno orientirana za večja povečanja hitrosti, kar bi vodilo v zelo drago rekonstrukcijo ali celo prestavitev postaje. Skrajšanja trase pa tudi niso poljubna, saj mora proga na tem odseku premagati precejšno višinsko razliko, ta varianta pa jo premaga večinoma z nakloni, ki so le malo manjši od dopustnih 12,5 ‰. Večja skrajšanja trase bi vodila v preseganje te vrednosti. Tranzitni potniški vlak, ki bi vozil 160 km/h, zaradi tega odseka pridobi približno 90 sekund skrajšanja potovalnega časa.

Četrty odsek je med km 65+100 in km 66+600 v dolžini 1,5 km, to je severno od cepišča Postojna jug, kjer je hitrost omejena na 140 km/h. Umestitev trase glavne proge mimo postaje Postojna in kasnejšo hitro in enostavno priključitev južnega priključnega tira do postaje v

cepišču je pogojena s postavitvijo krivine s polmerom 1000 m. Če bi želeli krivino z večjim polmerom, bi ali zelo zapletli postavitev cepišča in ga precej oddaljili od postaje Postojna ali pa zelo podaljšali več objektov, predvsem predorov, pa tudi precej težje bi postavili cepišče dovolj blizu postaje. Ker velika večina vlakov ustavlja v Postojni, to kratkotrajno zmanjšanje hitrosti ne bi imelo velikega vpliva na potovalne čase. Transitni potniški vlak, ki bi vozil 160 km/h, zaradi tega odseka pridobi približno 20 sekund skrajšanja potovalnega časa.

Peti odsek je med km 94+500 in med postajnim poslopjem Divača, v dolžini 0,6 km, to je na uvozu v postajo Divača, kjer je hitrost omejena na 80 km/h. Čeprav na tej postaji ne ustavljajo vsi vlaki, je hitrost zmanjšana zaradi zapletene konfiguracije postaje. Postaja bo ob izgradnji drugega tira proge Divača – Koper prenovljena, vendar v tej diplomski nalogi ta prenova ni upoštevana.

5.1.5 Možnosti povečanja hitrosti na horizontalnih elementih variante ob upoštevanju novega standarda SIST ENV 13803-1 »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog – Tirne širine 1435 mm in več

Standard dovoljuje večje hitrosti v obstoječih krivinah, predvsem zaradi večjega dovoljenega nadvišanja in primanjkljaja nadvišanja. Tudi povečanje nadvišanja v krivinah je enostavno, saj so po novem Standardu lahko prehodnice bistveno krajše kot pa tiste, ki so določene po Pravilniku, zato večje rekonstrukcije običajno niso potrebne. Na novi progi je smiselno povečati najvišje dovoljene hitrosti na drugem, tretjem in četrtem odseku, na ostalih dveh pa ne zaradi že opisanih razlogov v poglavju 5.1.4. Vse uporabljene krivine na celotni trasi ter pripadajoče hitrosti tako po Pravilniku kot po Standardu so navedene v Preglednici 8.

Na drugem odseku pri Borovnici, kjer je hitrost omejena na 140 km/h, je možno povečati hitrost vse do postaje Borovnica (iz smeri Ljubljane) na 160 km/h, od nje pa do konca odseka na 150 km/h.

Na tretjem odseku pri Verdu in nad Vrhniko je možno po celotni dolžini zvišati hitrost iz 120 na 140 km/h (sicer z uporabo maksimalnega dopustnega primanjkljaja nadvišanja v dveh

najostrejših krivinah), kar pri dolžini tega odseka pomeni prihranek približno ene minute pri voznem času.

Na četrtem odseku pri Postojni je možno v krivini, ki zmanjšuje hitrost na 140 km/h, s povečanjem nadvišanja povečati največjo dopustno hitrost na 160 km/h, kar pomeni, da se tam ukine izredna omejitev hitrosti.

5.2 Postaje na progi Ljubljana – Divača

Trasa nove proge poteka skozi obstoječe postaje ali preko priključkov izkorišča preostale, zato nove postaje niso predvidene. Postaje, skozi katere nova proga neposredno teče, bodo morale biti ponekod delno rekonstruirane, saj bosta glavna prevozna tira morala omogočiti hitrost 160 km/h, razen v Verdu (120 km/h) in Borovnici (140 km/h). Obstoječe postaje Rakek, Postojna, Prestranek in Pivka se nahajajo izven koridorja nove proge, zato so na novo progo navezane s priključnimi tiri, ki večinoma potekajo po trasi obstoječe proge. Ukinjena bo postaja Gornje Ležeče, ker navezava na novo progo ni možna zaradi prevelike razlike v niveletah stare in nove proge, zaradi premajhnega obsega prometa pa tudi ni smiselna. Ker pa nova proga poteka zelo blizu postaje, je možno vzporedno obstoječi postaji postaviti postajališče na novi progi.

Prav tako je možno izkoristiti obstoječa postajališča, ki pa jih je potrebno prilagoditi širšemu svetlemu profilu ter varnostnim razmeram zaradi hitrejših vlakov, ki bodo vozili po novi progi. Analizirati je potrebno tudi morebitne spremembe položaja postajališč ob progi, saj bi lahko z njihovo spremembo pobrali več potnikov.

Morebitne prehitevalne postaje na novi progi v tej diplomski nalogi niso prikazane. Ker so med obstoječimi postajami razdalje dovolj majhne, posebne tehnične postaje niso potrebne, saj lahko njihove vloge prevzamejo kar obstoječe. Težava je le na medpostajnem odseku Pivka – Divača, ki je dolg 19,85 km. Na njem sta dve dvojni tirni zvezi, vendar ni nobenih prehitevalnih tirov, ki bi morebiti bili potrebni. Pri postajališču Košana in severovzhodno od njega poteka nova proga skoraj vzporedno s staro v dolžini preko 1300 m na oddaljenosti

nekaj deset metrov na približno enaki niveleti. V primeru potrebe po prehitevalnem tiru je možno urediti prevezave na staro progo, tako da se na njej usposobi prehitevalni tir.

5.3 Spodnji ustroj

5.3.1 Geološke razmere na trasi

Na trasi prevladuje več različnih vrst kamenin:

- sedimenti, ki jih predstavljajo nanosi rek in potokov, jezerski in barjanski sedimenti, glinasto-grušcnate spraline in apnenčev pobočni grušč (na Ljubljanskem barju in v dolinah ter kotlinah)
- laporji in peščenjaki oz. flišne kamenine (predvsem med Pivko in Divačo)
- karbonatne kamenine (apnenci in dolomiti), v katerih se pojavljajo tudi kraški pojavi (večji del med Borovnico in Pivko)
- skrilavi glinovci, peščenjaki in kremenovi konglomerati (na obronkih Ljubljanskega barja)

Za gradnjo so najbolj ugodne karbonatne kamenine, še posebej za predore. Tudi flišne kamenine so ugodne, vendar manj za gradnjo predorov. Neugodni so sedimenti ter skrilavi glinovci.

5.3.2 Izvedba usekov

Na apnencih določajo nagib vkopne brežine stopnja zakraselosti, tektonske poškodbe, smeri vpada razpok in globina. Brežina je v večini usekov v strmini 3:1, ponekod pa bo potrebno usek ublažiti na 1:1 oz. v razpokani oz. zakraseli skali samo na 1:1,5. V tej fazi projektiranja so predvideni useki v nagibu 3:1, v globokih usekih pa je predvidena berma širine 3 m na višini 8 m. V flišnatih kameninah se izvede usek v nagibu 1:1,5. Ker so mehanske karakteristike dovolj dobre, kamnite posteljice v usekih ni treba vgrajevati.

5.3.3 Izvedba nasipov

Med gradnjo proge bo pridobljenega veliko apnenčastega materiala, ki je zelo primeren za vgradnjo v nasipe. V tej fazi projektiranja je privzet enoten nagib brežin nasipov za celotno dolžino trase. Ti se izvedejo v nagibu 1:1,5.

Preko Ljubljanskega barja bo trasa potekala po že obstoječem progovnem telesu, ki zagotavlja dovolj trdno podlago za novo progo. Na določenih krajših delih bo potrebno izvesti nasipe neposredno na slabo nosilna tla. Nasipi imajo na takih tleh nagib brežin 1:3, visoki so največ pet metrov in so iz apnenčastega materiala. Predhodno je potrebno tla pripraviti z vertikalnimi drenažami, predobremenilnimi nasipi in gruščnatimi koli (po potrebi).

5.4 Križanja cestnih komunikacij

Vsa križanja železniške proge s cesto so izvedena izvennivojsko z nadvozi in podvozi.

5.5 Etapnost gradnje

Ker je nova proga projektirana v koridorju obstoječe proge, je možnost etapnosti gradnje zelo dobra. Tako je možno rekonstruirati daljše odseke, lahko pa tudi samo posamezne krivine in jih sproti vključevati v promet. Vseeno lahko v grobem razdelimo progo na etape, katerih ključne točke so v Borovnici, Verdu, Logatcu, Rakeku, v Postojnskih vratih pri avtocestnem podvozu, severno od cepišča Postojna sever (kjer se začne podrobno obravnavani odsek), severno od Prestranka med predorom P8 in viaduktom V8, pri cepišču Prestranek jug, pri obeh cepiščih za Pivko in pri postajališču Košana (s kratko začasno navezavo na obstoječo progo). Ostale točke za etapnost gradnje so sicer možne povsod, kjer sovpadajo horizontalni in vertikalni elementi tako stare kot nove trase. Najdaljši odsek, ki ga je potrebno zgraditi v enem kosu, je odsek med postajo Divača in postajališčem Košana, saj je trasa preveč odmaknjena tako situativno kot niveletno. Zaradi tega je potrebno naenkrat zgraditi 5 viaduktov in 3 predore.

Etapnost gradnje je povezana z načrtovanjem prevezav iz stare na novo progo. Prevezave in njihova gradnja je odvisna od izbranih etap gradnje. Več o prevezavah v poglavju 5.7.6 Prevezave.

5.6 Objekti na odseku Ljubljana - Divača

Obravnavani objekti so vrisani v načrte situacije in vzdolžnega profila v grafičnih prilogah. Tukaj niso zajeti že zgrajeni objekti na obstoječi trasi, ki jo uporabi nova proga, ki bi bili potrebni morebitne rekonstrukcije zaradi prilagajanja drugačnemu svetlemu profilu proge, drugačnim horizontalnim in vzdolžnim trasirnim elementov in morebitnim drugačnim obtežbam.

5.6.1 Nadvozi, podvozi in mostovi

Na trasi je načrtovanih 35 podvozov in mostov ter 15 nadvozov, s katerimi se izvedejo izvennivojski prehodi cest, poti ...

Preglednica 9: Seznam podvozov in nadvozov na odseku Ljubljana – Divača

Odsek Ljubljana – Postojna	
Objekt	Stacionaža (km)
podvoz	3+030
podvoz	3+530
podvoz	5+900
podvoz	7+600
nadvoz	9+550
podvoz	11+200
podvoz	12+330
podvoz	14+640
nadvoz	15+500
podvoz	21+550
podvoz	21+780
nadvoz	27+720
nadvoz	29+550
podvoz	36+425
podvoz	39+575
podvoz	41+525
podvoz	42+985
nadvoz	46+105
podvoz	47+355
podvoz	50+645
podvoz	51+365
nadvoz	53+135
podvoz	54+155
podvoz	54+835
podvoz	55+695
podvoz avtoceste *	58+325

Odsek Postojna – Divača	
Objekt	Stacionaža (km)
nadvoz	63+555
nadvoz	64+255
podvoz avtoceste *	64+775
nadvoz	66+735
podvoz	68+135
podvoz	70+335
podvoz glavne ceste	71+010
most čez Slatinšek	71+065
podvoz	71+180
podvoz	72+675
podvoz	73+315
podvoz	73+570
nadvoz	74+355
podvoz	74+700
podvoz	75+520
podvoz	80+360
podvoz	83+150
nadvoz stare proge	85+120
podvoz	86+150
nadvoz	88+190
nadvoz	90+870
podvoz	91+860
podvoz	92+570
nadvoz	93+360

Opomba: * podvoza avtoceste sta tehnično gledano galeriji, ker zaradi zelo majhnega kota križanja ni možno izvesti standardnega podvoza. Vsak od teh podvozov je zgrajen iz dveh ožjih galerij (ena pokrije eno stran avtoceste), ki sta dolžinsko zamaknjeni.

5.6.2 Viadukti

Na trasi je 15 viaduktov v skupni dolžini 5250 m, od tega so trije daljši od 500 metrov ter 4 višji od 50 metrov.

Preglednica 10: Seznam viaduktov na trasi Ljubljana – Divača

Viadukt	Stacionaža začetka (km)	Stacionaža konca (km)	Dolžina (m)
<u>Odsek Ljubljana - Postojna</u>			
viadukt V1	29+140	29+230	90
viadukt V2	33+800	34+030	230
viadukt V3	56+975	57+395	420
viadukt V4	57+705	58+245	540
<u>Odsek Postojna - Divača</u>			
viadukt V5	62+265	62+705	440
viadukt V6	65+025	65+265	240
viadukt V7	67+035	67+245	210
viadukt V8	68+565	69+325	760
most V9	70+535	70+625	90
viadukt V10	78+315	78+585	270
viadukt V11	85+700	86+080	380
viadukt V12	86+420	86+760	340
viadukt V13	87+620	88+000	380
viadukt V14	88+420	89+010	690
viadukt V15	89+380	89+550	170

5.6.3 Predori

Na trasi je 15 predorov v skupni dolžini 14395 m, od tega so štirje daljši od 1000 metrov. Vsi predori so dvotimi.

Preglednica 11: Seznam predorov na odseku Ljubljana – Divača

Predor	Stacionaža začetka (km)	Stacionaža konca (km)	Dolžina (m)
<u>Odsek Ljubljana - Postojna</u>			
predor P1	21+975	25+830	3875
predor P2	31+590	33+710	2120
predor P3	35+010	35+690	680
predor P4	38+400	38+710	310
predor P5	53+275	54+045	770
predor P6	56+035	56+905	870
<u>Odsek Postojna - Divača</u>			
predor P7	65+435	65+775	340
predor P8	67+615	68+135	320
predor P9	72+985	73+255	270
predor P10	75+685	76+835	1160
predor P11	80+620	81+320	680
predor P12	82+340	82+880	540
predor P13	83+360	84+980	1620
predor P14	85+220	85+650	430
predor P15	86+830	87+240	410

5.7 Odsek Postojna – Divača

5.7.1 Splošni podatki o odseku Postojna – Divača

Preglednica 12: Nekateri pomembnejši parametri na odseku Postojna – Divača

	Obstoječa proga (odsek Postojna – Divača)	Projektirana proga (odsek Postojna – Divača)
Dolžina odseka [L]	39.712 m	33.351 m
Zračna razdalja med začetkom in koncem odseka [L_0]	24.443 m	24.443 m
Koeficient razvitosti trase [$\varepsilon = L/L_0$]	1,625	1,364
Skupna dolžina prem	17.076 m (delež: 43,0 %)	14.706 m (delež: 44,1 %)
Skupna dolžina krivin s prehodnicami	22.636 m (delež: 57,0 %)	18.646 m (delež: 55,9 %)
Skupna dolžina krožnih lokov	(14.226 m (delež: 35,8 %)	12.125 m (delež: 36,4 %)
Skupno število krožnih lokov	87 (46 levih, 41 desnih)	20 (10 levih, 10 desnih)
Vsota kotov krivin	ni podatka	740 °
Najmanjši polmer krožnega loka	252 m	1000 m
Najmanjši vzdolžni nagib	0,00 ‰	0,43 ‰
Največji vzdolžni nagib	9,26 ‰	12,47 ‰
Najvišja kota nivelete	598,169 m	598,169 m
Najnižja kota nivelete	431,369 m	431,369 m
Skupna dolžina vzdolžnih nagibov $0 ‰ \leq i < 5 ‰$	6.027 m (delež: 15,2 %)	5.327 m (delež: 16,0 %)
Skupna dolžina vzdolžnih nagibov $5 ‰ \leq i < 10 ‰$	33.684 m (delež: 84,8 %)	19.517 m (delež: 58,5 %)
Skupna dolžina vzdolžnih nagibov $5 ‰ \leq i < 10 ‰$	brez	8.507 m (delež: 25,5 %)
Število predorov	6 v skupni dolžini 2.493 m	9 v skupni dolžini 5.770 m

Število viaduktov	1 v dolžini 119 m	11 v skupni dolžini 3.970 m
Število nadvozo	7	8 *
Število podvozo	15	15 *
Število mostov	3	1 *
Število nivojskih prehodov	11	0
Število propustov	39	13 *

* - stari objekti na trasi nove proge niso všteti

5.7.2 Propusti in podporni zidovi na odseku Postojna – Divača

Na odseku Pivka – Divača so bili dodatno analizirani še propusti in potrebni podporni zidovi. Na tem odseku je projektiranih skupno 13 propustov ter 5 podpornih zidov v skupni dolžini 320 m. Za bolj natančno določanje propustov bi bilo potrebno ugotoviti hidrološke razmere po celotnem poteku trase. Potrebo po podpornih zidovih pa je treba preučiti tudi iz geološkega in geomehaničnega vidika.

Preglednica 13: Seznam propustov na odseku Postojna – Divača

Objekt	Stacionaža (km)
propust	66+930
propust	68+360
propust	71+590
propust	72+520
propust	75+390
propust	77+350
propust	79+950
propust	81+820
propust	83+230
propust	86+210
propust	87+300
propust	92+310
propust	92+800

Preglednica 14: Podporni zidovi na odseku Postojna – Divača

Objekt	Stacionaža začetka (km)	Stacionaža konca (km)	Dolžina (m)
podporni zid	66+105	66+180	75
podporni zid	88+380	88+420	40
podporni zid	89+010	89+120	110
podporni zid	89+345	89+380	35
podporni zid	89+550	89+610	60

5.7.3 Deviacije

Na odseku bo potrebno zgraditi skupno 25 deviacij glavnih, regionalnih in lokalnih cest ter gozdnih poti in kolovozov. Večinoma so te deviacije podaljški izvennivojskih križanj z železniško progo. Skupno bo potrebno:

- 730 m deviacij glavnih cest
- 2720 m deviacij regionalnih in lokalnih cest
- 620 m deviacij gozdnih poti in kolovozov

Te vrednosti so samo okvirne, saj niso upoštevana morebitna zapiranja poti in cest ali pa gradnja novih, ki bi jih narekovele prometne potrebe.

5.7.4 Rušenja

Na odseku bo potrebno porušiti 17 stanovanjskih hiš, gospodarskih poslopij in ostalih objektov visoke gradnje. Od tega bo treba porušiti 12 objektov v okolici postaje Postojna (na trasi obvozne proge), 2 objekta v okolici cepišča Prestranek jug in 3 objekte v okolici postajališča Košana. Te vrednosti so samo okvirne, saj upošteva samo tiste objekte, ki so na trasi nove proge oz. je zaradi nove proge dostop do njih onemogočen. Pri podrobnejši analizi se lahko pokaže, da bo zaradi nekaterih dodatnih dejavnikov potrebno porušiti še več objektov.

5.7.5 Tirne zveze

Tirne zveze omogočajo prehod vlakov iz enega na drug tir. Na odseku Postojna – Divača bodo vgrajene štiri dvojne tirne zveze s kretnicami, ki omogočajo v odklon hitrost 100 km/h (kretnice sistema UIC60-1200-1:18,5) in sicer v km 68+300, km 74+300, km 82+100 in v km 88+190. Enojne tirne zveze so vgrajene pri vseh šestih cepiščih takoj za glavno cepno kretnico in omogočajo hitrost v odklon 80 km/h (kretnice sistema UIC60-760-1:14), s tem pa prehod iz enega na drug tir.

5.7.6 Prevezave na obstoječo progo

Možnost povezovanja delov stare in nove trase je zelo pomemben dejavnik pri načrtovanju železniške proge, saj bo promet po stari progi med gradnjo nove moral potekati neovirano. Zato je tudi trasa načrtovana tako, da je med gradnjo možen promet vsaj po enem tiru, kar sicer nekoliko zmanjša prepustnost proge. Zaradi gostega prometa na progi so namreč popolna zaprtja nedopustna in možna le v skrajnih primerih.

Na odseku Postojna – Divača je več točk, kjer bodo med gradnjo potrebne različne vrste prevezav med staro in novo progo. Te prevezave so dveh tipov.

Pri prvem tipu se stara in nova proga stikata tangencialno, to pomeni v isti smeri. Take prevezave so enostavne in najbolj zaželjene, posebni ukrepi pri prevezovanju niso potrebni. Pri tem razlikujemo še niveletno in izvenniveletno povezovanje prog. Zaželeno je niveletno oz. povezovanje na isti višini, v nasprotnem primeru se uporabi izvenniveletno povezovanje, vendar samo do določene višine, ker je sicer potrebno os novega tira ustrezno odmakniti od starega.

Pri drugem tipu prevezovanja se stara in nova proga stikata pod različnimi koti. V tem primeru je potrebno zgraditi začasen povezovalni tir med staro in novo progo, ki omogoča hitrost vsaj 50 km/h (za to so primerni krožni loki s polmerom 300 m brez prehodnic in nadvišanja). Tudi tukaj razlikujemo niveletno in izvenniveletno povezovanje. Medtem ko pri niveletnem povezovanju ni večjih težav, je potrebno pri izvenniveletnem povezovanju zgraditi

precej daljšečasne tire. V izjemnih primerih so taka prevezovanja prezapletena ali pa sploh nemogoča, zato se namesto prevezovanja raje zgradi objekt (nadvoz ali podvoz). Vsak tak primer je potrebno posebej obdelati in je zelo odvisen od terenskih razmer okolice križanja. V tej diplomski nalogi ta prevezovanja niso posebej obdelana, saj je zato potrebna obdelava v večjem merilu.

Preglednica 15: Seznam prevezovanj med staro in novo progo na odseku Postojna – Divača

Št. prevezave	Stacionaža	Smerno	Višinsko	Posebni ukrepi
1	61+850	da	da	
2	62+150	ne	da	
3	62+950	da	da	
4	63+100	da	da	
5	66+850	ne	ne	začasen tir do prevezave 6
6	67+250	ne	ne	začasen tir do prevezave 5
7	68+250	da	da	
8	68+500	da	da	
9	69+530	ne	da	reševanje v sklopu graditve viadukta V8 in cepišča Prestranek sever
10	71+750	da	da	
11	72+300	da	da	
12	74+300	ne	da	reševanje v sklopu cepišča Pivka sever
13	74+800	ne	da	reševanje v sklopu cepišča Pivka sever
14	77+200	da	da	reševanje v sklopu cepišča Pivka zahod
15	78+050	ne	da	
16	78+900	da	da	
17	79+800	da	da	
18	80+070	ne	da	
19	85+120	ne	ne	gradnja nadvoza za staro progo
20	93+700	da	ne	postopno odmikanje osi starega in novega tira

S prevezavami je povezana tudi etapnost gradnje. Tako je potrebno za eno etapo trase hkrati zgraditi več prevezav. S tem ugotovimo tudi največje število smiselnih etap gradnje na odseku Postojna – Divača. Teh je 8. Tako so na prvo etapo vezane prevezave 1,2 in 3, na drugo etapo prevezave 4, 5, 6 in 7, na tretjo prevezavi 8 in 9, na četrto etapo prevezave 9 in 10, na peto etapo prevezave 11, 12 in 13, šesta etapa je med prej zgrajenima prevezavama 13 in 14, na sedmo etapo so vezane prevezave 14, 15 in 16 ter na osmo etapo prevezave 17, 18, 19 in 20.

5.8 Projektantski predračun

Stroški gradnje nove proge Ljubljana – Divača so grobo ocenjeni in predstavljeni v naslednjih tabelah. Ločena ocena je izdelana za odsek Ljubljana – Postojna in odsek Postojna – Divača.

Odsek Ljubljana – Postojna: od km 0+000 do km 61+752 (l = 61,752 km)

Odsek Postojna – Divača: od km 61+752 do km 95+108 (l = 33,356 km)

Opomba: V oceno stroškov niso vključeni stroški za projektiranje, stroški za zemljišče, razne preiskave terena, drugi investitorski stroški in DDV. Ocena stroškov tudi ne obsega morebitnih rekonstrukcij obstoječih objektov. Privzete cene veljajo v septembru 2005.

5.8.1 Povzetek – Projektantski predračun

Preglednica 16: Skupna groba ocena stroškov gradnje

	skupna cena	cena na km ¹
Odsek Ljubljana – Postojna	153.830.238.000	2.491.097.000
Odsek Postojna – Divača	94.929.925.000	2.845.962.000
Skupaj SIT	248.760.163.000	2.615.555.000
Skupaj EUR	1.038.361.000	10.917.700

Opomba: 1 EUR = 239,57 SIT po srednjem tečaju Banke Slovenije na dan 16.9.2005

Preglednica 17: Groba ocena stroškov na odseku Ljubljana – Postojna (cene so v tisoč SIT)

	enota	količina	cena/enota	cena	skupaj
I. Zgornji ustroj					
a) Tiri					
- dvotirna proga	m ¹	53.127	275.000	14.609.925	
- dvotirna proga v predoru	m ¹	8.625	287.500	2.479.687,5	39.406.613
b) naprave SVTK				8.400.000	8.400.000
c) vozna mreža (en tir)	m ¹	123.504	50.000	6.175.200	6.175.200
II. Spodnji ustroj (useki, nasipi)	m ¹	51.847	500.000	25.923.500	25.923.500
III. Predori					
- dvotirni enocevni predor	m ¹	8.625	5.625.000	48.515.625	48.515.625
IV. Objekti					
- nadvoz, 6 kom.	m ²	2.240	320.000	716.800	
- podvoz, 19 kom.	m ²	2.850	350.000	997.500	
- podvoz AC*, 1 kom.	m ¹	420	3.750.000	1.575.000	
- viadukt za dva tira	m ¹	1.280	4.500.000	5.760.000	9.049.300
V. Objekti visoke gradnje					
- rušitve, nadomestne gradnje, tehnični objekti					375.000
VI. Cestne deviacije					2.000.000
VII. Nepredvidena dela (10 % od skupne cene postavk I-VI)					13.985.000
Skupni stroški za 61,752 km v SIT					153.830.238.000
Skupni stroški za 61,752 km v EUR					642.110.000

* - grajen kot dve vzporedni galeriji

Preglednica 18: Groba ocena stroškov na odseku Postojna – Divača (cene so v tisoč SIT)

	enota	količina	cena/enota	cena	skupaj
I. Zgornji ustroj					
a) Tiri					
- dvotirna proga	m ¹	27.586	275	7.586.150	
- dvotirna proga v predoru	m ¹	5.770	287,5	1.658.875	
- priklj. Postojna (enotirna proga)	m ¹	2.365	150	354.750	
- priklj. Prestranek (enotirna proga)	m ¹	959	150	143.850	
- priključek Pivka (enotirna proga)	m ¹	1.462	150	219.300	
- tirne zveze	kom	7	100.000	700.000	10.662.925
b) naprave SVTK					4.500.000
c) vozna mreža (en tir)	m ¹	70.036	50	3.501.800	3.501.800
II. Spodnji ustroj (useki, nasipi)	m ¹	23.616	500	11.808.000	11.808.000
III. Predori					
- dvotirni enocevni predor	m ¹	5.770	5.625	32.456.250	32.456.250
IV. Objekti					
- nadvoz, 8 kom.	m ²	2.920	320	934.400	
- most, 1 kom.	m ²	120	390	46.800	
- podvoz, 14 kom.	m ²	2.100	350	735.000	
- podvoz AC*, 1 kom.	m ¹	240	3.750	900.000	
- propust, 13 kom.	m ¹	585	600	351.000	
- podporni zid, 5 kom.	m ²	1.050	75	78.750	
- viadukt za dva tira	m ¹	3.970	4.500	17.865.000	20.910.950
V. Objekti visoke gradnje					
- rušitve, nadomestne gradnje, tehnični objekti	kom	17	25.000	425.000	425.000
VI. Cestne deviacije	m ¹	4.070	500	2.035.000	2.035.000
VII. Nepredvidena dela (10 % od skupne cene postavk I-VI)					8.630.000
Skupni stroški za 33,356 km v SIT				94.929.925.000	
Skupni stroški za 33,356 km v EUR				396.243.000	

* - grajen kot dve vzporedni galeriji

5.9 Vplivi na okolje ter ukrepi za njihovo zmanjšanje

Rekonstrukcija železniške proge v takem obsegu, kot je opisana v tem diplomskem delu, je tudi velik poseg v okolje, saj je delež izkoriščanja stare trase majhen. Na celotni trasi bodo prizadete predvsem gozdne površine, saj največji del rekonstruirane proge, ki ne teče po stari trasi, teče skozi gozd.

Pomembna postavka je hidrologija, saj velik del proge teče po apnenčastih kraških površinah, ki so dobro prepustne za tekočine. Marsikje pod površjem tečejo podzemni vodotoki, katerih poti bodo lahko prizadete predvsem ob gradnji globljih predorov, kar bo lahko tudi povzročalo težave pri gradnji. Za zaščito teh podzemnih vodotokov pa tudi navadne podtalnice bo potrebno poskrbeti v največji možni meri, saj nekateri od teh napajajo vodne zbiralnike za vodovode. Tiste površinske vodotoke, ki jih bo potrebno regulirati, je treba urediti tako, da bo regulacija izgledala dovolj naravno in bila hkrati dovolj učinkovita.

Pri Prestranku proga poteka čez reko Pivko, ki ob večjih padavinah pogosto poplavlja. Da prehod poplavnih voda ni oviran, se most čez reko Pivko zgradi v večji dolžini.

Za prebivalce, ki bivajo ob bodoči progi, bo pomembna zaščita pred hrupom. Ker bodo hitrosti železniških vozil občutno narasle, se bo povečal tudi hrup vozil, predvsem hrup stika koles in tirnic. Zato bo potrebno na mestih ob progi, kjer bodo imisije hrupa presegale dovoljene, postaviti protihrupno zaščito iz zemeljskih nasipov ali absorpcijskih in transparentnih protihrupnih ograj. Galerije, ki še boljše zaščitijo pred hrupom, niso predvidene, v izogib naseljem pa se proga ponekod umakne v predore.

Ker bodo hitrosti na novi progi dosegale in morebiti tudi presegale 160 km/h, kar je mnogo hitreje kot sedaj, je potrebno železniško progo zagraditi z žično ograjo, ki bo preprečevala prehode živali preko železniške proge in jih usmerjala na bližnje podhode ali nadhode. Na takih območjih morajo biti ti objekti biti ustrezno dimenzionirani za prehode živali. V Postojnskih vratih, kjer proga v ostrem kotu preči avtocesto, predlagam podaljšanje galerije na vzhodno stran ter njeno ustrezno kamuflažo in zavarovanje, da bi ta podvoz hkrati igral še vlogo prehoda živali preko avtoceste. Žična ograja pa bo v urbanih naseljih preprečevala

prehode ljudi na neoznačenih in nezavarovanih prehodih čez progo, kar je že danes vzrok številnim smrtnim nesrečam.

Vse površine (useki, nasipi, zasipi) se po izgradnji proge ustrezno ozelenijo, da je novogradnja čimprej vklopljena v staro okolje. Oblikovanje objektov (predvsem viaduktov) naj bo tako, da se čimbolj vklaplja v okolje, hkrati pa je še vedno prijetno na pogled.

5.10 Približen izračun voznih časov

Približen izračun voznih časov je bil opravljen na modelu projektirane trase med Ljubljano in Divačo v programu Microsoft Train Simulator z modelom elektromotornega vlaka Siemens Desiro in hitrega vlaka TGV. Izračun je nastal na podlagi simulacije vožnje štirih različnih vlakov, in sicer direktnega vlaka z nagibno tehniko, direktnega vlaka, regionalnega vlaka s štirimi vmesnimi postanki in lokalnega vlaka, ki ustavi na vseh postajah in postajališčih. Upoštewane so vse omejitve hitrosti na glavni progi in njenih priključkih. Časi v simulaciji niso nujno natančni zaradi morebitnega nenatančnega vodenja vlakov, vendar morebitna razlika ni večja od 10 % (primerjano s simulacijo vožnje dejanskih vlakov na obstoječi progi).

5.10.1 Vožnja lokalnega vlaka

Lokalni vlak, ki ustavi na vseh postajah in postajališčih, ki so v današnjem voznem redu, ali pa na vzporednih točkah trase (v Košani ali Gornjih Ležečah), prevozi razdaljo med Ljubljano in Divačo v 1 uri in 8 minut. Postanki trajajo od 30 do 45 sekund. Za primerjavo, lokalni vlak št. 2752, ki prav tako ustavi na vseh postajah, prevozi razdaljo od Ljubljane do Divače po voznem redu v 1 uri in 41 minut. Tako je prihranek časa vlaka na novi progi proti vlaku na stari progi 33 minut.

5.10.2 Vožnja regionalnega vlaka

Regionalni vlak, ki ustavi na najpomembnejših štirih postajah med postajama Ljubljana in Divača (Borovnica, Logatec, Postojna, Pivka), prevozi razdaljo med Ljubljano in Divačo v 49 minutah. Postanki trajajo od 30 do 45 sekund. Za primerjavo, regionalni vlak št. RG 1605, ki

prav tako ustavi na omenjenih postajah, prevozi razdaljo od Ljubljane do Divače po voznem redu v 1 uri in 30 minut. Tako je prihranek časa vlaka na novi progi proti vlaku na stari progi 41 minut.

5.10.3 Vožnja direktnega vlaka

Direktni vlak, ki brez postankov prevozi razdaljo med postajama Ljubljana in Divača, to opravi v 39 minutah. Za primerjavo, vlak EC 50, ki ustavi samo v Postojni, prevozi razdaljo od Ljubljane do Divače po voznem redu v 1 uri in 16 minut. Tako je prihranek časa vlaka na novi progi proti vlaku na stari progi 37 minut.

5.10.4 Vožnja direktnega vlaka z nagibno tehniko

Direktni vlak, ki brez postankov prevozi razdaljo med postajama Ljubljana in Divača, to opravi v 31 minutah. Pri tem je največja dosežena hitrost 200 km/h.

5.11 Razna pojasnila

Za topografsko osnovo za gradbeno-tehnično študijo variante rekonstrukcije sem uporabil topografske karte TK25 v merilu 1:25000 in TTN500 v merilu 1:5000. Na podlagi vektoriziranih plastnic ekvidistance 5 m (oziroma pomožnih na 2,5 m) navedenih kart je izdelan digitalni model reliefa in tako so izvedena vsa profiliranja. Celotno projektiranje je bilo izvedeno s programskimi aplikacijami v okolju AutoCAD 2002. Izris situacije je bil izdelan v digitalni tehniki na skenogramih TK25 in TTN5000 v lasti Geodetske uprave RS. Simulirani prikazi poteka trase so bili izdelani s programom Microsoft Train Simulator, prav tako tudi izračuni voznih časov.

6 ZAKLJUČEK

Poti med Ljubljano in Primorsko so bile že od nekdaj zelo pomembne, zato so bile pogosto v prednosti pred ostalimi prometnimi smermi. Tako je proti Primorski že zelo zgodaj prispela železnica, prva v Sloveniji je v to smer pripeljala tudi avtocesta. Vendar pa obstoječa železniška povezava ne more več konkurirati sodobni avtocesti, ki je sedaj v celoti dograjena. Kljub mnogim izdelanim variantam ni bilo sklenjenega še nič, delno tudi zato, ker večina variant zagovarja misel o hitri progi, ki pa naseljem ob obstoječi ne bi prinesla posebnih prednosti. Modernizacija te železniške povezave je zelo pomembna, saj spada v prioritetni projekt št. 6 Transevropskega transportnega omrežja (TEN) in v panevropski prometni koridor V, pomembna pa je tudi kot prometnica za naše edino pristanišče Luko Koper, pa tudi načrtovani drugi tir koprške proge brez nadaljevanja moderne železniške povezave proti osrednji Sloveniji ne bo imel take veljave.

Zato sem skušal v tej diplomski nalogi prikazati morebitno rekonstrukcijo obstoječe proge Ljubljana – Sežana za hitrost 160 km/h, podrobneje na odseku med Postojno in Divačo, ki bi zajela naselja ob obstoječi progi in jih povezala z moderno železniško povezavo. Hkrati pa bi proga omogočala dovolj velike hitrosti, da bi lahko nudila kakovostne storitve tudi tranzitnemu tovornemu in še posebej potniškemu prometu. Hitrosti 160 km/h in višje se redno uporabljajo pri rekonstrukcijah železniških prog v Evropi, saj je z manjšimi hitrostmi težko konkurirati modernim cestnim povezavam.

Pri projektiranju sem se skušal izogniti napakam, ki so prisotne v prejšnjih variantah rekonstrukcij in novogradenj in se čimbolj približati obstoječi progi, čeprav so ponekod odmiki od obstoječe trase večji, kar pa ni nujno slabo. Prav tako sem poskušal kar najbolj zmanjšati skupno dolžino predorov in premostitvenih objektov, ki so nujno potrebni v takih terenskih razmerah.

V nalogi sem uporabil določila iz veljavnega Pravilnika o pogojih za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje zgornjega ustroja železniških prog, vendar pa sem jih primerjal tudi z določili iz standarda SIST ENV 13803-1:2004 - »Železniške naprave – Parametri za projektiranje prog – Tirne širine 1435 mm in več – 1. del: Odprta proga«. Ugotovil sem, da so določila iz

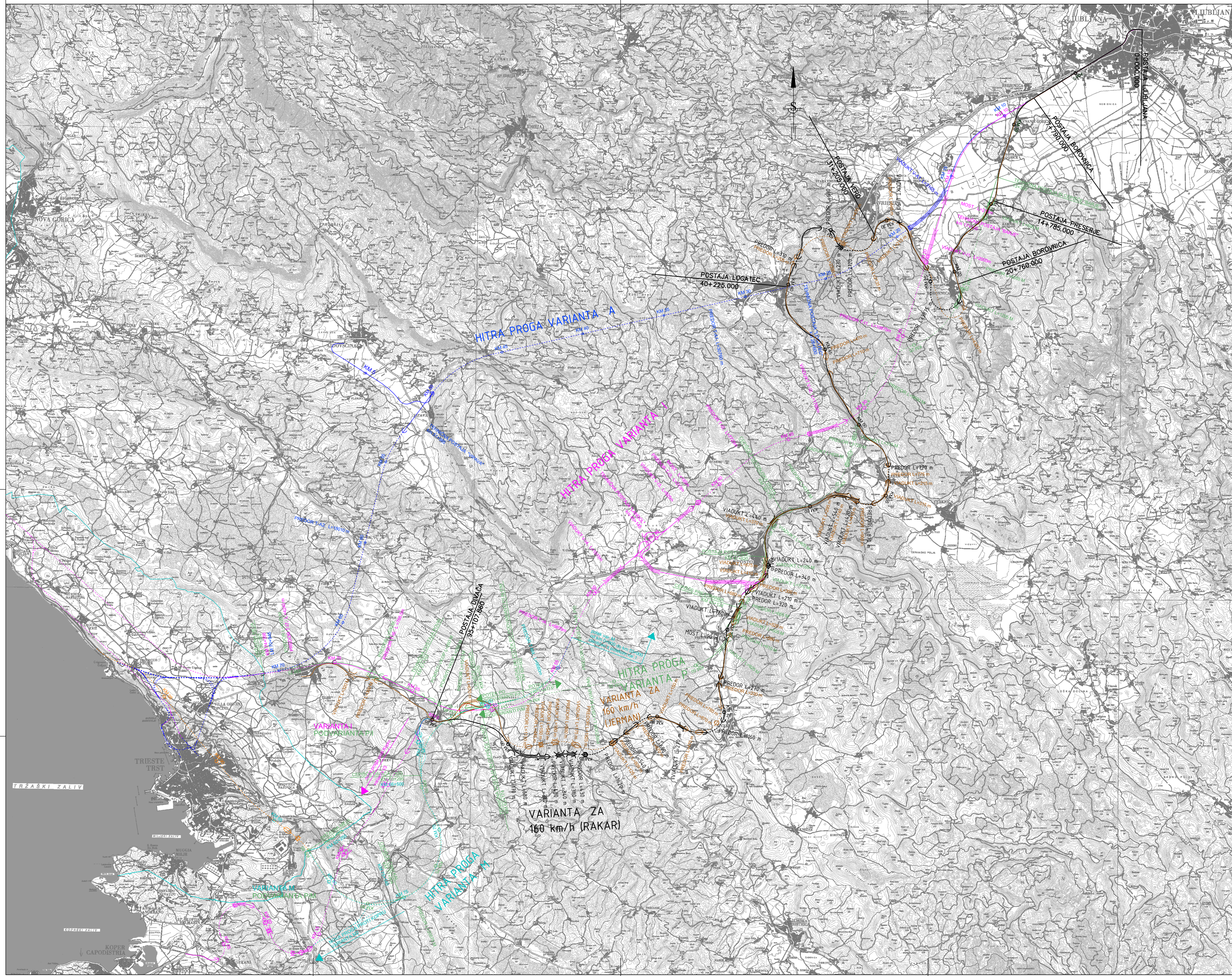
standarda precej milejša glede uporabljenih elementov trase in dopustnih vozni hitrosti, kar je zelo uporabno pri rekonstrukciji železniške proge v težavnih terenskih razmerah, kakršne so prav gotovo na trasi med Ljubljano in Divačo.

V nalogi sem skušal tudi ugotoviti, kako lahko novoprojektirano progo izkoristijo vlaki z nagibno tehniko, ki se vse bolj uveljavljajo po celotni Evropi, imamo pa jih tudi v Sloveniji.

Podrobneje je bil predstavljen odsek med Postojno in Divačo, kjer so bili predstavljeni dodatni vidiki rekonstrukcije, pa tudi podrobneje obdelani razni elementi in objekti in etapnost gradnje, saj naenkrat tako velikega projekta skoraj ni možno uresničiti.

Na koncu sem prikazal še približne vozne čase za štiri tipe vlakov, ki bi vozili na novi progi. Ugotovil sem, da so vozni časi precej krajši, najhitrejši vlak prevozi razdaljo med Ljubljano in Divačo v dobre pol ure, kar je več kot prepolovitev časa obstoječega najhitrejšega vlaka. Veliko pridobijo tudi lokalni vlaki kljub velikemu številu postankov.

Menim, da je v tej diplomski nalogi predstavljena varianta rekonstrukcije izvedljiva in hkrati dovolj realna, da bi bila enkrat v prihodnosti tudi uresničena.



LEGENDA

- PROGA NA TERENU
- - - - - PROGA V PREDORU
- PROGA NA VIADUKTU
- HITRA PROGA VARIANTA A S PRIKLJUČKOM VIPAVA
- HITRA PROGA VARIANTA I S PRIKLJUČKOM LANDOL
- HITRA PROGA VARIANTA M
- HITRA PROGA VARIANTA P
- REKONSTRUKCIJA OBSTOJEČE PROGE ZA 160 km/h (JERMAN)
- REKONSTRUKCIJA OBSTOJEČE PROGE ZA 160 km/h (RAKAR)
- II. TIR DIVAČA - KOPER, VARIANTA I3
- II. TIR DIVAČA - KOPER, VARIANTA M2

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

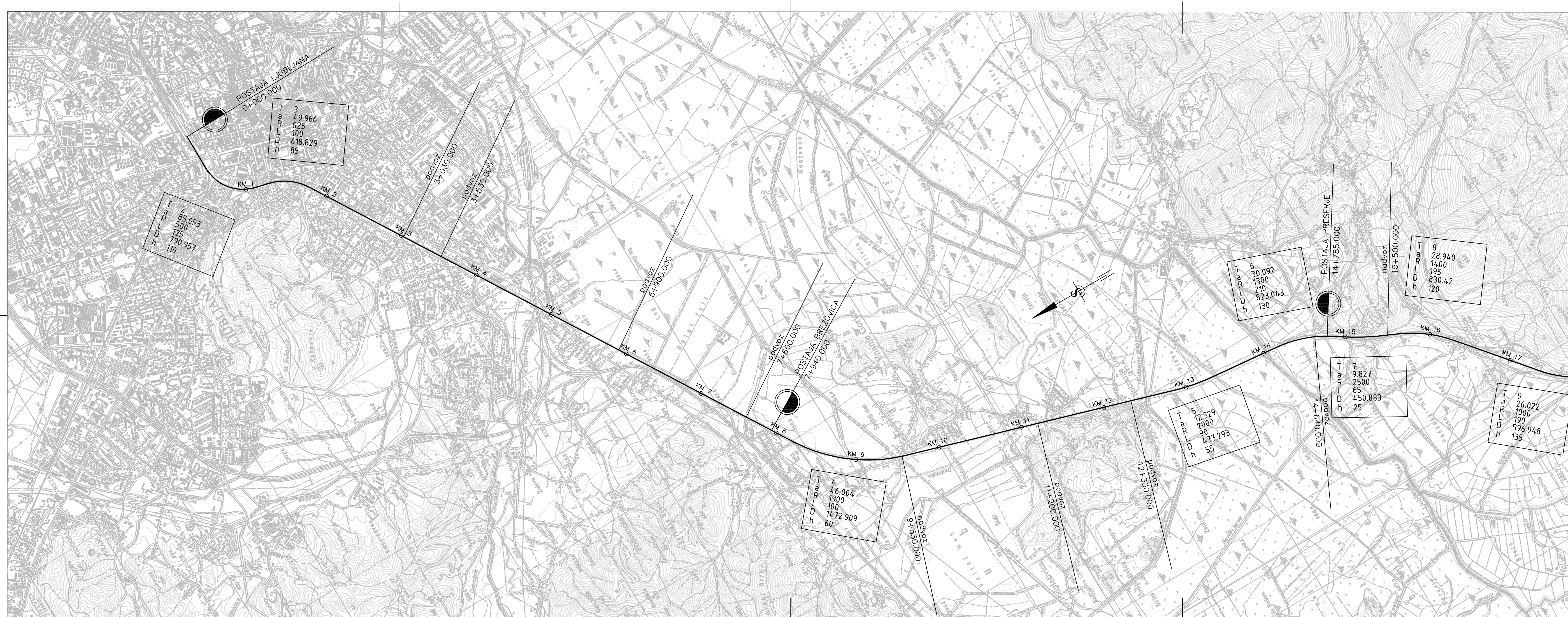
Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
Smer:
PROMET

Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

Kandidat:
GREGOR RAKAR Ljubljana 2005

Risba:
PROJEKTIRANE VARIANTE ŽELEZNIŠKE PROGE
LJUBLJANA - SEŽANA

Merilo: **M 1:100000** List: **1**



UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
PROMET

Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

Kandidat:
GREGOR RAKAR


Risba:
SITUACIJA PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
OD KM 0 DO KM 17

Ljubljana 2005

Merilo:
M 1:25000

List:
2




UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADNENIŠTVO IN GEODEZIJU

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

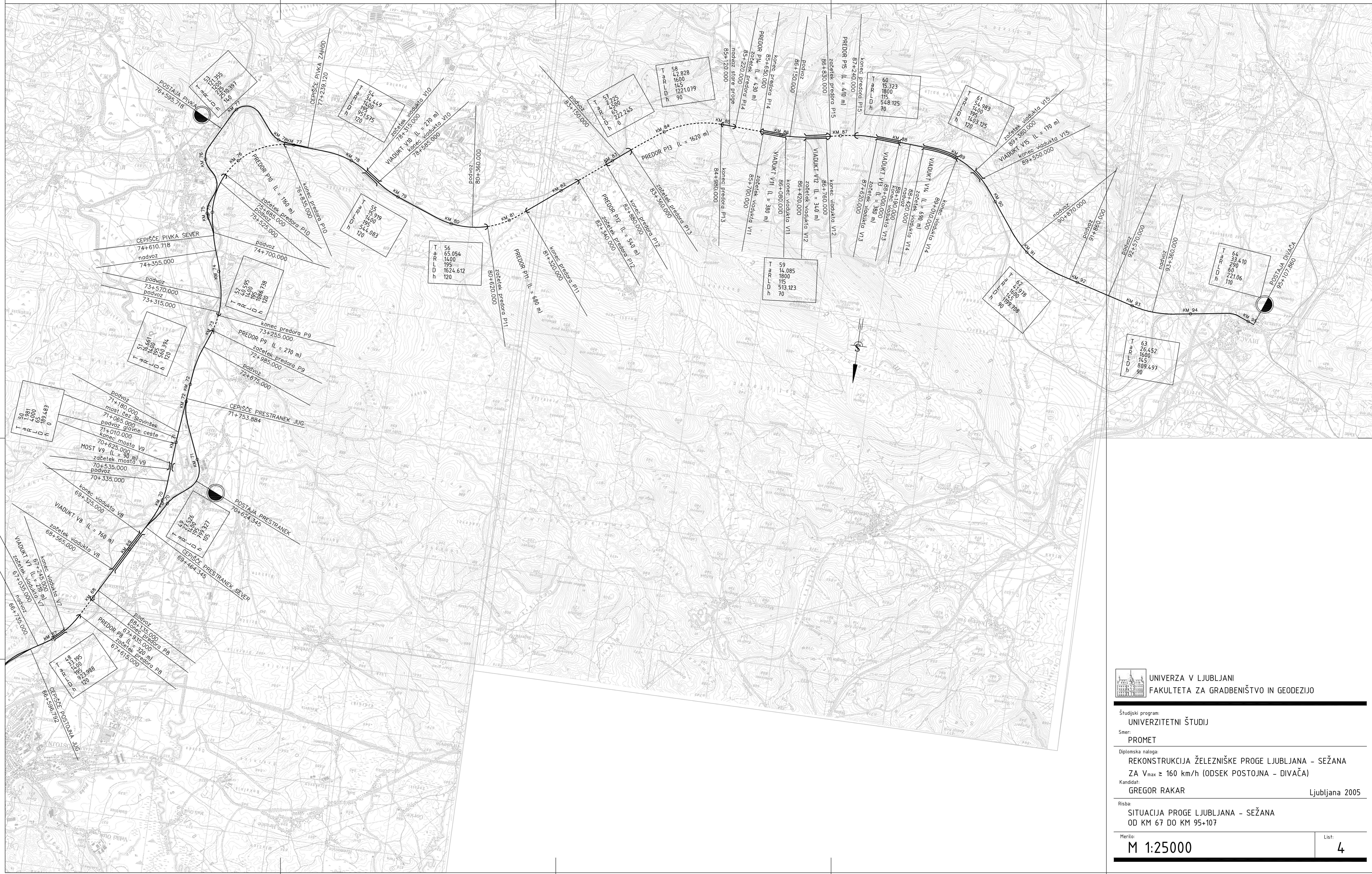
Smer:
PROMET

Diplomski naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
 ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

Kandidat:
GREGOR RAKAR Ljubljana 2005

Risba:
SITUACIJA PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
 OD KM 16 DO KM 69

Merilo:
M 1:25000 Lst: **3**



UNIVERZA V LJUBLJANI
 FAKULTETA ZA GRADNENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
 UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
 PROMET

Diplomska naloga:
 REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
 ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

Kandidat:
 GREGOR RAKAR Ljubljana 2005

Risba:
 SITUACIJA PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
 OD KM 67 DO KM 95+107

Merilo:
 M 1:25000 List: 4

Km	0+295.902
H	300.188
R	6500
t	18.54
y	0.026
PN	5.705
SN	0.000

Km	0+780.511
H	300.188
R	6500
t	7.048
y	0.004
PN	0.000
SN	-2.169

Km	2+019.998
H	297.5
R	6500
t	6.919
y	0.004
PN	-2.169
SN	-0.040

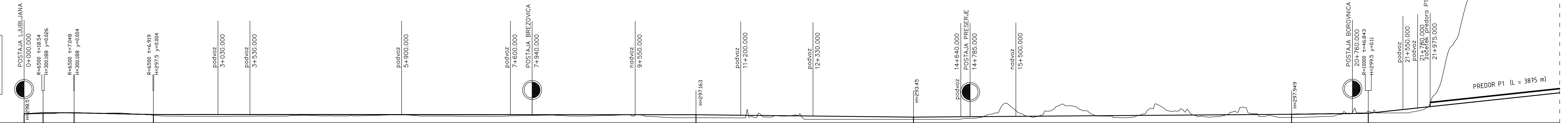
Km	10+500.674
H	297.163
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	-0.040
SN	-1.092

Km	13+900.117
H	293.45
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	-1.092
SN	0.761

Km	19+810.273
H	297.949
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	0.761
SN	1.295

Km	21+008.391
H	299.5
R	10000
t	46.844
y	0.11
PN	1.295
SN	10.664

Km	0+000.000
H	298.5
R	0
t	0.0
y	0.0
PN	5.705
SN	5.705

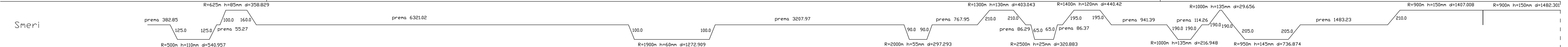


Stacionaža profila: 0/0, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 5/0, 6/0, 7/0, 8/0, 9/0, 10/0, 11/0, 12/0, 13/0, 14/0, 15/0, 16/0, 17/0, 18/0, 19/0, 20/0, 21/0, 22/0, 23/0, 24/0

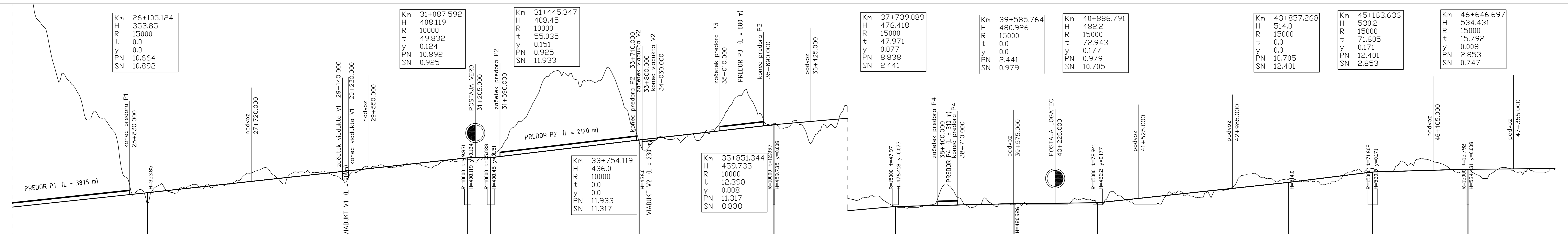
Teren: 298.368, 299.762, 296.001, 294.363, 294.923, 295.305, 296.348, 294.618, 296.275, 296.007, 292.916, 292.347, 296.896, 299.0, 290.0, 297.248, 303.854, 292.935, 304.463, 308.846, 293.381, 300.988, 310.714, 329.978, 620.129, 757.061

Niveleta: 298.728, 299.606, 297.498, 297.459, 297.419, 297.379, 297.339, 297.3, 297.26, 297.22, 297.181, 296.552, 295.46, 294.388, 293.572, 294.34, 295.094, 296.855, 296.617, 297.378, 298.272, 300.05, 310.714, 321.378, 392.041

Projektirana hitrost: 100 km/h, 160 km/h, 160 km/h, 140 km/h



Vzdolžni nagibi: 5.705, 295.902, 0.000, 484.609, 80.51, 2.169, 1239.487, 19.998, 0.040, 8480.676, 0.674, 1.092, 3399.443, 0.117, 0.761, 5910.156, 10.273, 1.295, 1198.118, 8.391, 10.664, 5096.733



Stacionaža profila	24/0	25/0	26/0	27/0	28/0	29/0	30/0	31/0	32/0	33/0	34/0	35/0	36/0	37/0	38/0	39/0	40/0	41/0	42/0	43/0	44/0	45/0	46/0	47/0	48/0																												
Teren	757061	502174	382244	365448	381539	379527	394991	405074	484566	525683	439964	470342	455589	487686	4750	4800	4800	495615	497295	516306	515618	531874	549189	531181	99041																												
Niveleta	382041	342705	353369	364251	375142	386034	396926	407794	415784	427717	439462	450779	461579	470417	477201	479643	48139	484054	49476	505422	516514	528667	5327	53474	535487																												
Projektirana hitrost	160 km/h						120 km/h						160 km/h																																								
Smeri	210.0	prema 573.09	170.0	170.0	prema 374.14	170.0	170.0	prema 453.41	195.0	195.0	prema 484.56	180.0	180.0	prema 285.64	180.0	180.0	prema 472.86	165.0	165.0	prema 496.59	165.0	165.0	prema 125.96	165.0	165.0	prema 331.15	180.0	180.0	prema 66.19	195.0	195.0	prema 1089.05	170.0	170.0	prema 489.39	115.0	115.0	prema 264.42	195.0	195.0	prema 389.13	65.0	65.0	prema 191.27	225.0	225.0	prema 89.89	195.0	195.0	prema 65.04	170.0	170.0	prema 610.11
Vzdolžni nagibi	10.664	5096.733	51.124	10.892	4982.468	87.592	0.925	357.755	49.47	11.933	2308.772	54.119	11.317	2097.225	51.344	8.838	1887.745	35.089	2.441	1846.674	85.764	0.979	1301.027	86.791	10.705	2970.477	57.268	12.401	1306.368	63.636	2.853	1483.061	46.697	0.747	2768.949																		



UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
Smer:
PROMET
Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)
Kandidat:
GREGOR RAKAR
Ljubljana 2005

Risba:
VZDOLŽNI PROFIL ODSEKA LJUBLJANA - DIVAČA
OD KM 24 DO KM 48

Merilo:
M 1:25000/1:2500
List:
6

Km	49+415.645
H	536.5
R	15000
t	33.126
y	0.037
PN	0.747
SN	5.164

Km	51+448.923
H	547.0
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	5.164
SN	3.705

Km	53+230.152
H	553.6
R	15000
t	20.164
y	0.014
PN	3.705
SN	1.017

Km	54+606.995
H	555.0
R	15000
t	54.333
y	0.098
PN	1.017
SN	8.261

Km	59+146.213
H	592.5
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	8.261
SN	6.484

Km	60+722.432
H	602.72
R	25000
t	144.801
y	0.419
PN	6.484
SN	-5.100

Km	62+105.894
H	595.664
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	-5.100
SN	-5.721

Km	63+326.743
H	588.68
R	20000
t	61.496
y	0.095
PN	-5.720
SN	0.430

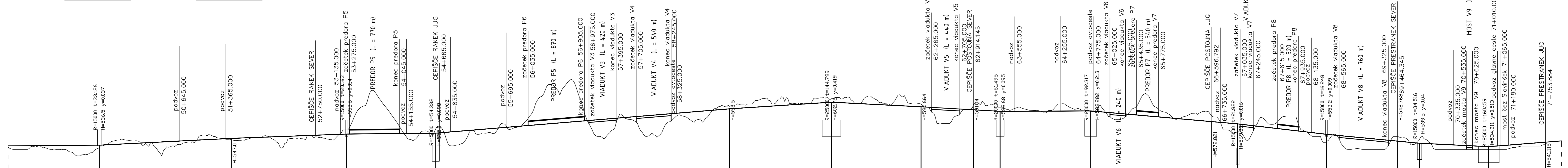
Km	64+726.680
H	589.282
R	20000
t	92.319
y	0.213
PN	0.430
SN	-8.802

Km	66+996.720
H	569.301
R	15000
t	21.823
y	0.016
PN	-8.802
SN	-11.712

Km	68+371.434
H	553.2
R	15000
t	16.249
y	0.009
PN	-11.712
SN	-9.545

Km	69+806.702
H	539.5
R	15000
t	34.517
y	0.04
PN	-9.545
SN	-4.943

Km	70+876.692
H	534.211
R	25000
t	160.163
y	0.513
PN	-4.943
SN	7.870



Stacionaža profila	48/0	49/0	50/0	51/0	52/0	53/0	54/0	55/0	56/0	57/0	58/0	59/0	60/0	61/0	62/0	63/0	64/0	65/0	66/0	67/0	68/0	69/0	70/0	71/0	72/0																										
Teren	530.41	520.22	538.222	551.743	547.486	547.43	563.286	543.042	581.408	553.077	551.534	596.501	604.616	603.486	600.714	603.54	588.113	577.638	575.629	568.56	557.082	530.0	538.248	535.654	543.524																										
Niveleta	535.487	536.234	539.827	544.992	549.264	552.97	554.444	558.742	567.004	575.265	583.361	591.788	598.425	600.998	595.898	590.206	588.995	586.348	577.546	568.56	557.082	546.627	538.248	535.654	543.524																										
Projektirana hitrost	160 km/h										140 km/h										160 km/h																														
Smeri	R=3500m h=0mm d=498.607		R=1500m h=105mm d=164.164		R=1400m h=120mm d=741.777		R=1500m h=105mm d=386.847		R=1200m h=140mm d=2182.216		R=1400m h=120mm d=329.891		R=1000m h=135mm d=964.054		R=4000m h=0mm d=59.483		R=2000m h=55mm d=481.339		R=1500m h=105mm d=565.879		R=1600m h=90mm d=245.847		R=1300m h=130mm d=812.812		R=1400m h=120mm d=216.49		R=1400m h=120mm d=613.588		R=1200m h=140mm d=550.37		R=1400m h=120mm d=533.988		R=1400m h=105mm d=409.327																		
Vzdolžni nagibi	0.747	2768.949	15.645	5.164	2033.278	48.923	3.705	1781.229	30.152	1.017	1376.843	6.995	8.261	4539.218	46.213	6.484	1576.219	22.432	-5.100	1383.462	5.984	-5.721	808.251	14.145	-5.720	412.598	26.743	0.430	1399.936	26.68	8.802	1870.112	9.678	8.802	399.928	9.72	11.712	1374.714	71.484	9.545	1092.911	6.645	9.545	942.357	6.702	4.943	1069.99	76.692	7.870	877.152	33.844

Km	72+726.522
H	548.77
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	7.870
SN	8.614

Km	75+341.654
H	571.296
R	15000
t	57.941
y	0.112
PN	8.614
SN	0.888

Km	76+566.628
H	572.385
R	20000
t	78.705
y	0.155
PN	0.888
SN	-6.982

Km	77+888.019
H	563.159
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	-6.982
SN	-6.711

Km	79+997.930
H	549.0
R	15000
t	0.0
y	0.0
PN	-6.711
SN	-6.734

Km	82+948.172
H	529.133
R	15000
t	43.011
y	0.062
PN	-6.734
SN	-12.469

Km	85+103.991
H	502.251
R	15000
t	51.053
y	0.087
PN	-12.469
SN	-5.662

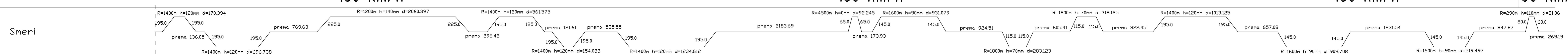
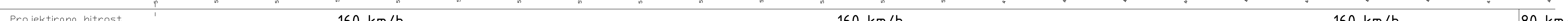
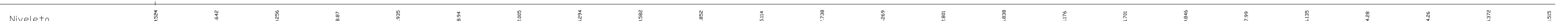
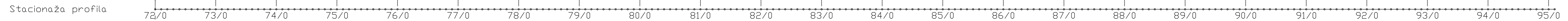
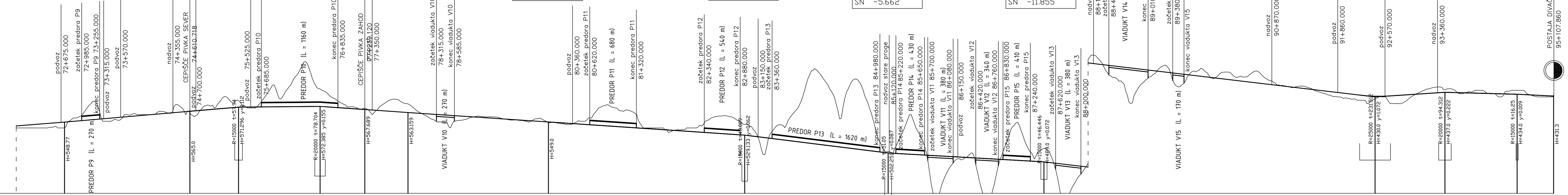
Km	87+444.348
H	489.0
R	15000
t	46.448
y	0.072
PN	-5.662
SN	-11.855

Km	92+420.984
H	430.0
R	25000
t	231.522
y	1.072
PN	-11.855
SN	6.667

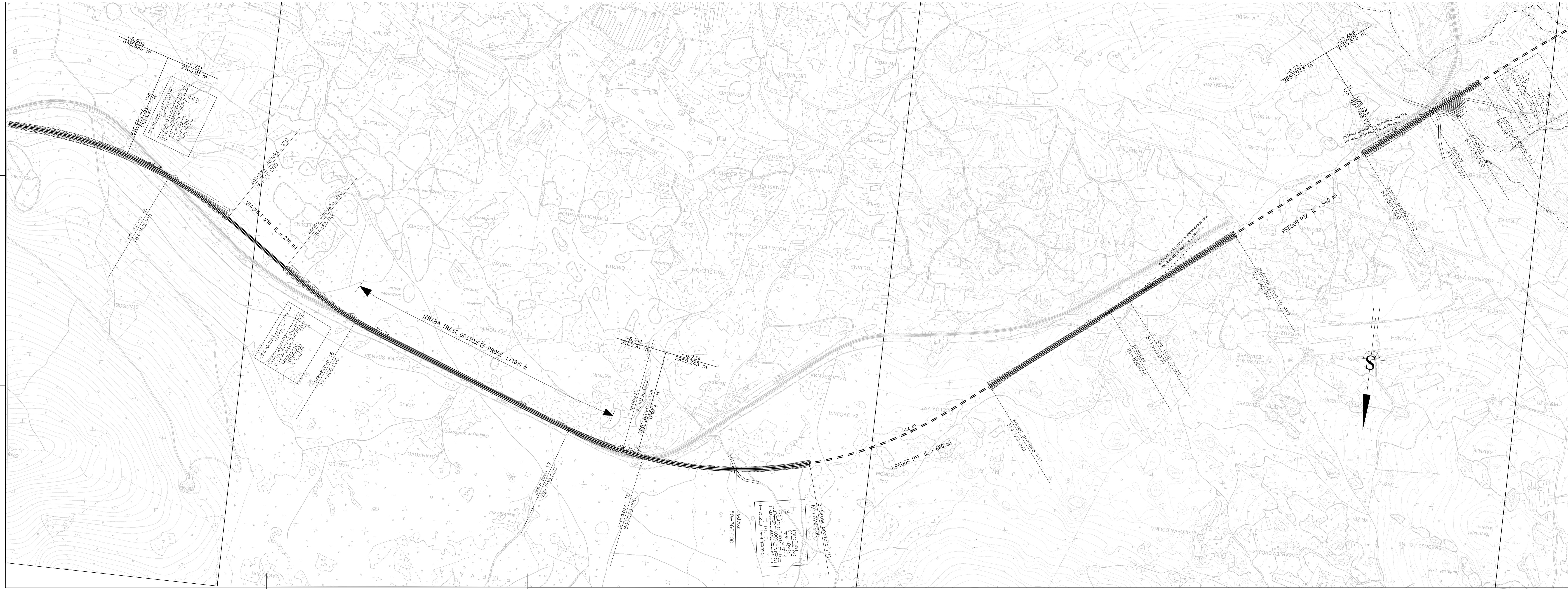
Km	93+471.006
H	437.0
R	20000
t	94.313
y	0.222
PN	6.667
SN	-2.765

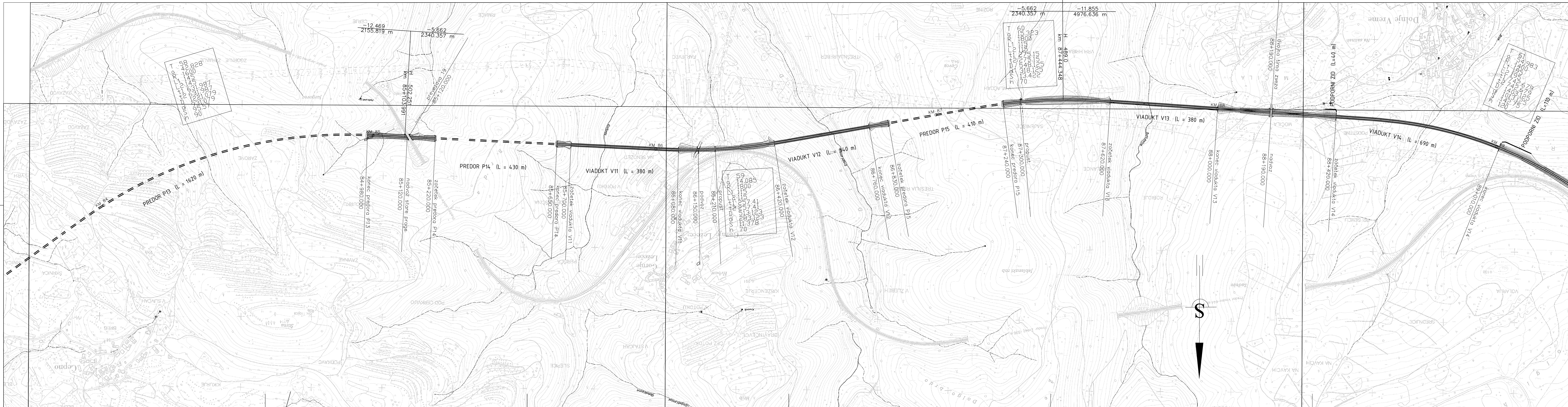
Km	94+556.063
H	434.0
R	15000
t	16.25
y	0.009
PN	-2.765
SN	-4.932

Km	95+103.561
H	431.3
R	0
t	0.0
y	0.0
PN	-4.932
SN	









UNIVERZA V LJUBLJANI
 FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
 UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
 PROMET

Diplomski naloga:
 REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
 ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

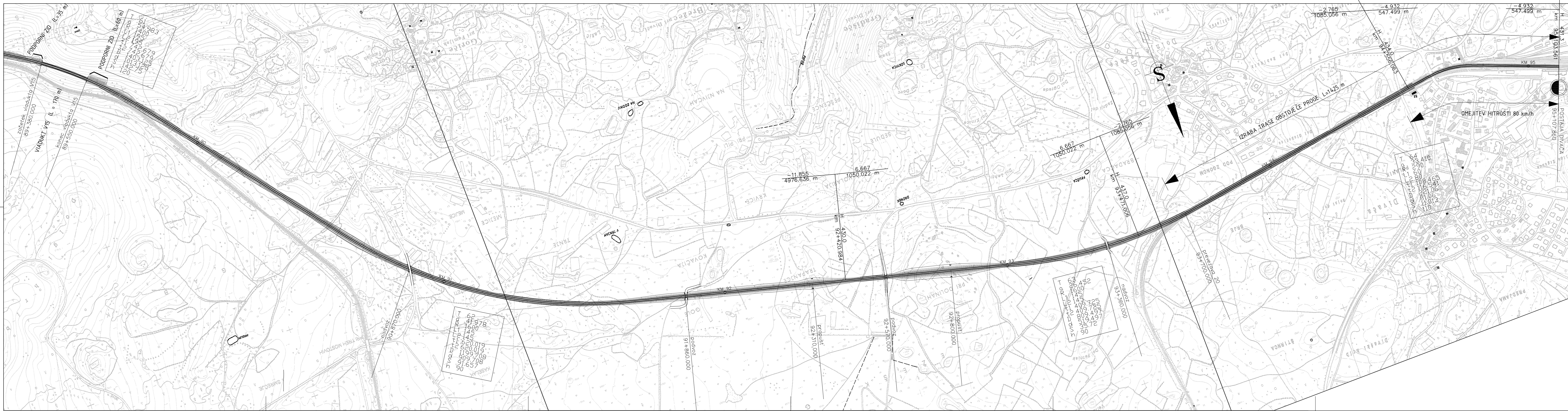
Kandidat:
 GREGOR RAKAR


Ljubljana 2005

Risba:
 SITUACIJA PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
 ODSEK POSTOJNA - DIVAČA OD KM 83+500 DO KM 89+000

Merilo:
 M 1:5000

List:
 13

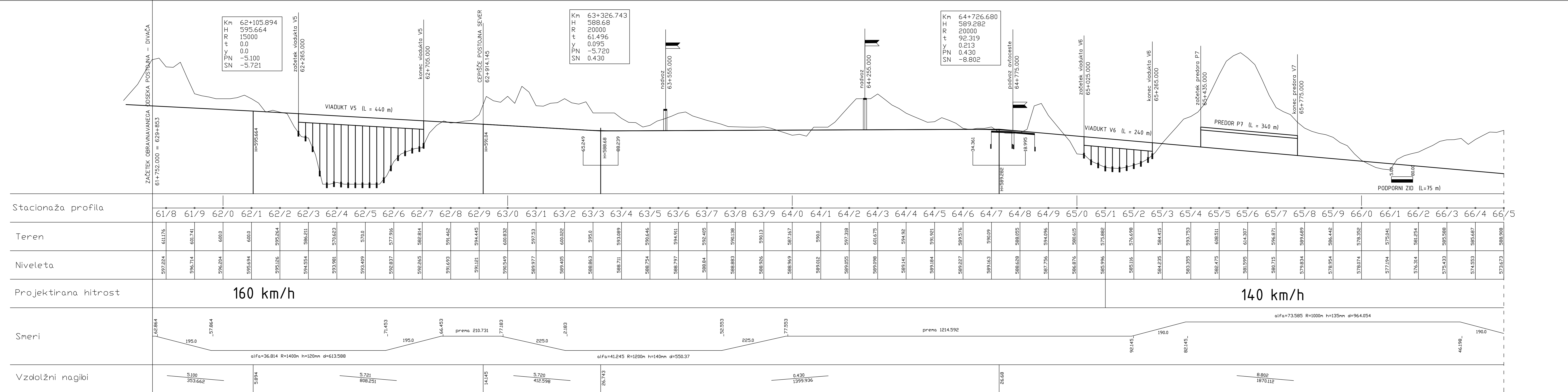



UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

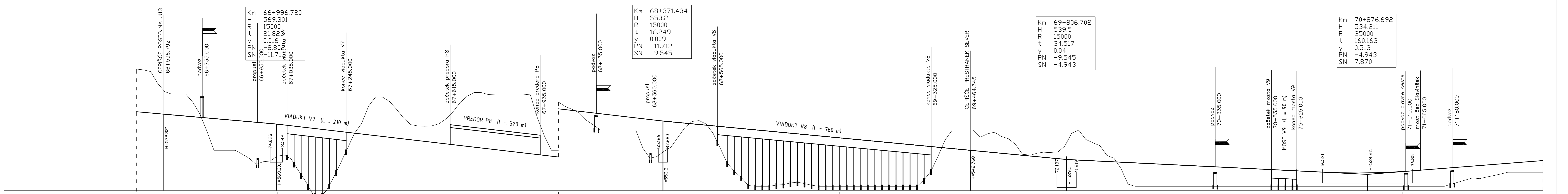
Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
 Smer:
PROMET
 Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)
 Kandidat:
GREGOR RAKAR
Ljubljana 2005

Risba:
SITUACIJA PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ODSEK POSTOJNA - DIVAČA OD KM 89+00 DO KM 95+107

Merilo:
M 1:5000
Lis:
14

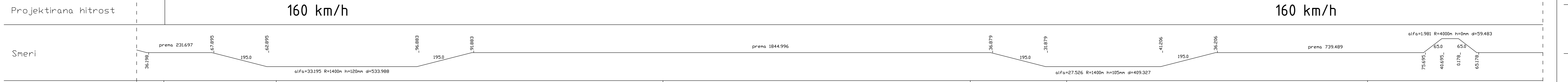


Stacionaža profila	61/8	61/9	62/0	62/1	62/2	62/3	62/4	62/5	62/6	62/7	62/8	62/9	63/0	63/1	63/2	63/3	63/4	63/5	63/6	63/7	63/8	63/9	64/0	64/1	64/2	64/3	64/4	64/5	64/6	64/7	64/8	64/9	65/0	65/1	65/2	65/3	65/4	65/5	65/6	65/7	65/8	65/9	66/0	66/1	66/2	66/3	66/4	66/5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Teren	611.176	601.741	600.0	600.0	595.264	586.211	570.623	570.0	577.916	582.814	591.462	594.445	600.832	597.53	600.022	595.0	588.711	590.089	590.646	594.911	592.405	588.883	590.138	588.926	590.13	587.167	590.0	597.318	601.675	594.92	591.921	589.184	589.163	589.227	589.576	589.09	588.055	594.096	586.876	580.615	575.882	575.698	584.415	593.753	608.511	614.307	596.871	589.689	586.442	578.954	578.074	578.352	577.194	576.314	581.254	575.433	585.588	585.687	588.908																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Niveleta	597.224	596.714	596.204	595.694	595.126	594.554	593.981	593.409	592.837	592.265	591.693	591.121	590.549	589.977	589.405	588.833	588.261	587.689	587.117	586.545	585.973	585.401	584.829	584.257	583.685	583.113	582.541	581.969	581.397	580.825	580.253	579.681	579.109	578.537	577.965	577.393	576.821	576.249	575.677	575.105	574.533	573.961	573.389	572.817	572.245	571.673	571.101	570.529	569.957	569.385	568.813	568.241	567.669	567.097	566.525	565.953	565.381	564.809	564.237	563.665	563.093	562.521	561.949	561.377	560.805	560.233	559.661	559.089	558.517	557.945	557.373	556.801	556.229	555.657	555.085	554.513	553.941	553.369	552.797	552.225	551.653	551.081	550.509	549.937	549.365	548.793	548.221	547.649	547.077	546.505	545.933	545.361	544.789	544.217	543.645	543.073	542.501	541.929	541.357	540.785	540.213	539.641	539.069	538.497	537.925	537.353	536.781	536.209	535.637	535.065	534.493	533.921	533.349	532.777	532.205	531.633	531.061	530.489	529.917	529.345	528.773	528.201	527.629	527.057	526.485	525.913	525.341	524.769	524.197	523.625	523.053	522.481	521.909	521.337	520.765	520.193	519.621	519.049	518.477	517.905	517.333	516.761	516.189	515.617	515.045	514.473	513.901	513.329	512.757	512.185	511.613	511.041	510.469	509.897	509.325	508.753	508.181	507.609	507.037	506.465	505.893	505.321	504.749	504.177	503.605	503.033	502.461	501.889	501.317	500.745	500.173	499.601	499.029	498.457	497.885	497.313	496.741	496.169	495.597	495.025	494.453	493.881	493.309	492.737	492.165	491.593	491.021	490.449	489.877	489.305	488.733	488.161	487.589	487.017	486.445	485.873	485.301	484.729	484.157	483.585	483.013	482.441	481.869	481.297	480.725	480.153	479.581	479.009	478.437	477.865	477.293	476.721	476.149	475.577	475.005	474.433	473.861	473.289	472.717	472.145	471.573	471.001	470.429	469.857	469.285	468.713	468.141	467.569	466.997	466.425	465.853	465.281	464.709	464.137	463.565	462.993	462.421	461.849	461.277	460.705	460.133	459.561	458.989	458.417	457.845	457.273	456.701	456.129	455.557	454.985	454.413	453.841	453.269	452.697	452.125	451.553	450.981	450.409	449.837	449.265	448.693	448.121	447.549	446.977	446.405	445.833	445.261	444.689	444.117	443.545	442.973	442.401	441.829	441.257	440.685	440.113	439.541	438.969	438.397	437.825	437.253	436.681	436.109	435.537	434.965	434.393	433.821	433.249	432.677	432.105	431.533	430.961	430.389	429.817	429.245	428.673	428.101	427.529	426.957	426.385	425.813	425.241	424.669	424.097	423.525	422.953	422.381	421.809	421.237	420.665	420.093	419.521	418.949	418.377	417.805	417.233	416.661	416.089	415.517	414.945	414.373	413.801	413.229	412.657	412.085	411.513	410.941	410.369	409.797	409.225	408.653	408.081	407.509	406.937	406.365	405.793	405.221	404.649	404.077	403.505	402.933	402.361	401.789	401.217	400.645	400.073	399.501	398.929	398.357	397.785	397.213	396.641	396.069	395.497	394.925	394.353	393.781	393.209	392.637	392.065	391.493	390.921	390.349	389.777	389.205	388.633	388.061	387.489	386.917	386.345	385.773	385.201	384.629	384.057	383.485	382.913	382.341	381.769	381.197	380.625	380.053	379.481	378.909	378.337	377.765	377.193	376.621	376.049	375.477	374.905	374.333	373.761	373.189	372.617	372.045	371.473	370.901	370.329	369.757	369.185	368.613	368.041	367.469	366.897	366.325	365.753	365.181	364.609	364.037	363.465	362.893	362.321	361.749	361.177	360.605	360.033	359.461	358.889	358.317	357.745	357.173	356.601	356.029	355.457	354.885	354.313	353.741	353.169	352.597	352.025	351.453	350.881	350.309	349.737	349.165	348.593	348.021	347.449	346.877	346.305	345.733	345.161	344.589	344.017	343.445	342.873	342.301	341.729	341.157	340.585	340.013	339.441	338.869	338.297	337.725	337.153	336.581	336.009	335.437	334.865	334.293	333.721	333.149	332.577	332.005	331.433	330.861	330.289	329.717	329.145	328.573	328.001	327.429	326.857	326.285	325.713	325.141	324.569	323.997	323.425	322.853	322.281	321.709	321.137	320.565	319.993	319.421	318.849	318.277	317.705	317.133	316.561	315.989	315.417	314.845	314.273	313.701	313.129	312.557	311.985	311.413	310.841	310.269	309.697	309.125	308.553	307.981	307.409	306.837	306.265	305.693	305.121	304.549	303.977	303.405	302.833	302.261	301.689	301.117	300.545	299.973	299.401	298.829	298.257	297.685	297.113	296.541	295.969	295.397	294.825	294.253	293.681	293.109	292.537	291.965	291.393	290.821	290.249	289.677	289.105	288.533	287.961	287.389	286.817	286.245	285.673	285.101	284.529	283.957	283.385	282.813	282.241	281.669	281.097	280.525	279.953	279.381	278.809	278.237	277.665	277.093	276.521	275.949	275.377	274.805	274.233	273.661	273.089	272.517	271.945	271.373	270.801	270.229	269.657	269.085	268.513	267.941	267.369	266.797	266.225	265.653	265.081	264.509	263.937	263.365	262.793	262.221	261.649	261.077	260.505	259.933	259.361	258.789	258.217	257.645	257.073	256.501	255.929	255.357	254.785	254.213	253.641	253.069	252.497	251.925	251.353	250.781	250.209	249.637	249.065	248.493	247.921	247.349	246.777	246.205	245.633	245.061	244.489	243.917	243.345	242.773	242.201	241.629	241.057	240.485	239.913	239.341	238.769	238.197	237.625	237.053	236.481	235.909	235.337	234.765	234.193	233.621	233.049	232.477	231.905	231.333	230.761	230.189	229.617	229.045	228.473	227.901	227.329	226.757	226.185	225.613	225.041	224.469	223.897	223.325	222.753	222.181	221.609	221.037	220.465	219.893	219.321	218.749	218.177	217.605	217.033	216.461	215.889	215.317	214.745	214.173	213.601	213.029	212.457	211.885	211.313	210.741	210.169	210.597	210.025	209.453	208.881	208.309	207.737	207.165	206.593	206.021	205.449	204.877	204.305	203.733	203.161	202.589	202.017	201.445	200.873	200.301	199.729	199.157	198.585	198.013	197.441	196.869	196.297	195.725	195.153	194.581	194.009	193.437	192.865	192.293	191.721	191.149	190.577	190.005	189.433	188.861	188.289	187.717	187.145	186.573	186.001	185.429	184.857	184.285	183.713	183.141	182.569	181.997	181.425	180.853	180.281	179.709	179.137	178.565	177.993	177.421	176.849	176.277	175.705	175.133	174.561	173.989	173.417	172.845	172.273	171.701	171.129	170.557	169.985	169.413	168.841	168.269	167.697	167.125	166.553	165.981	165.409	164.837	164.265	163.693	163.121	162.549	161.977	161.405	160.833	160.261	159.689	159.117	158.545	157.973	157.401	156.829	156.257	155.685	155.113	154.541	153.969	153.397	152.825	152.253	151.681	151.109	150.537	149.965	149.393	148.821	148.249	147.677	147.105	146.533	145.961	145.389	144.817	144.245	143.673	143.101	142.529	141.957	141.385	140.813	140.241	139.669	139.097	138.525	137.953	137.381	136.809	136.237	135.665	135.093	134.521	133.949	133.377	132.805	132.233	131.661	131.089	130.517	129.945	129.373	128.801	128.229	127.657	127.085	126.513	125.941	125.369	124.797	124.225	123.653	123.081	122.509	121.937	121.365	120.793	120.221	119.649	119.077	118.505	117.933	117.361	116.789	116.217	115.645	115.073	114.501	113.929	113.357	112.785	112.213	111.641	111.069	110.497	109.925	109.353	108.781	108.209	107.637	107.065	106.493	105.921	105.349	104.777	104.205	103.633	103.061	102.489	101.917	101.345	100.773	100.201	99.629	99.057	98.485	97.913	97.341	96.769	96.197	95.625	95.053	94.481	93.909	93.337	92.765	92.193	91.621	91.049	90.477	89.905	89.333	88.761	88.189	87.617	87.045	86.473	85.901	85.329	84.757	84.185	83.613	83.041	82.469	81.897	81.325	80.753	80.181	79.609	79.037	78.465	77.893	77.321	76.749	76.177	75.605	75.033	74.461	73.889	73.3



Stacionaža profila: 66/5, 66/6, 66/7, 66/8, 66/9, 67/0, 67/1, 67/2, 67/3, 67/4, 67/5, 67/6, 67/7, 67/8, 67/9, 68/0, 68/1, 68/2, 68/3, 68/4, 68/5, 68/6, 68/7, 68/8, 68/9, 69/0, 69/1, 69/2, 69/3, 69/4, 69/5, 69/6, 69/7, 69/8, 69/9, 70/0, 70/1, 70/2, 70/3, 70/4, 70/5, 70/6, 70/7, 70/8, 70/9, 71/0, 71/1, 71/2, 71/3, 71/4, 71/5

Teren	588.908	580.9	577.115	560.0	557.179	557.925	549.113	550.313	569.558	577.345	568.678	571.173	580.601	580.0	579.758	560.0	553.461	550.0	543.574	543.969	553.409	538.281	530.0	530.621	530.398	530.0	530.0	530.0	537.512	544.291	545.511	536.362	538.05	530.0	537.556	537.062	530.0	536.568	530.0	536.073	530.0	535.579	530.0	535.085	530.0	534.73	530.0	534.769	530.0	535.209	530.0	535.969	530.0	536.757	531.522	533.301	535.0	538.33	535.0	539.117
Niveleta	573.673	572.793	571.913	571.032	570.152	569.251	568.091	566.92	565.749	564.578	563.406	562.235	561.064	559.893	558.721	557.55	556.379	555.208	554.037	552.927	551.973	551.018	550.064	549.109	548.155	547.2	546.246	545.291	544.337	543.382	542.428	541.473	540.518	539.559	539.039	538.545	538.05	537.556	537.062	536.568	536.073	535.579	535.085	534.73	534.769	535.209	535.969	536.757	537.543	538.33	539.117									
Projektirana hitrost	160 km/h																																																											



Vzdolžni nagibi	96.792	8.802 / 399.928	96.72	11.712 / 1374.714	71.434	9.545 / 1092.911	64.345	9.545 / 342.357	6.702	4.943 / 1069.99	76.692	7.870 / 877.152
-----------------	--------	-----------------	-------	-------------------	--------	------------------	--------	-----------------	-------	-----------------	--------	-----------------

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
PROMET

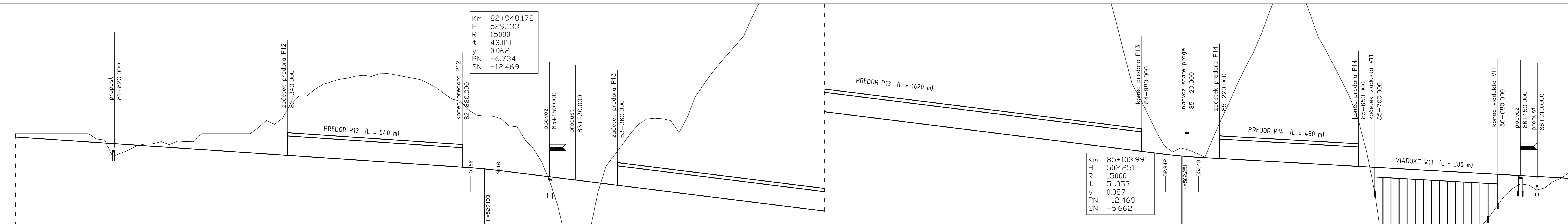
Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

Kandidat:
GREGOR RAKAR Ljubljana 2005

Risba:
VZDOLŽNI PROFIL ODSEKA POSTOJNA - DIVAČA
OK KM 66+500 DO KM 71+500

Merilo:
M 1:5000/1:500

Lis:
16

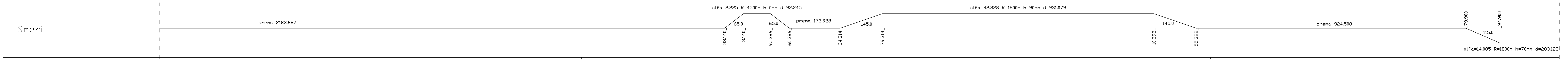


Stacionaža profila

81/5	81/6	81/7	81/8	81/9	82/0	82/1	82/2	82/3	82/4	82/5	82/6	82/7	82/8	82/9	83/0	83/1	83/2	83/3	83/4	83/5	83/6	83/7	83/8	83/9	84/0	84/1	84/2	84/3	84/4	84/5	84/6	84/7	84/8	84/9	85/0	85/1	85/2	85/3	85/4	85/5	85/6	85/7	85/8	85/9	86/0	86/1	86/2	86/3
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Teren	540.0	540.0	540.0	535.931	536.776	537.712	540.0	540.0	542.867	551.597	556.751	557.673	557.655	554.157	547.237	544.628	535.348	507.279	522.107	540.0	544.589	551.344	564.405	580.89	614.575	622.289	618.694	604.549	584.872	554.741	597.934	613.565	603.785	577.426	544.072	515.093	504.898	507.902	501.141	529.7	553.528	546.215	525.078	491.07	430.0	451.143	475.578	489.979	491.887	495.479
Niveleta	538.885	538.211	537.538	536.865	536.191	535.518	534.844	534.171	533.498	532.824	532.151	531.477	530.804	530.13	529.457	528.786	527.239	525.993	524.746	523.499	522.252	521.005	519.758	518.511	517.264	516.017	514.77	513.523	512.276	511.029	509.782	508.535	507.288	506.041	504.794	503.548	502.374	501.707	501.141	500.575	500.009	499.442	498.876	498.31	497.744	497.178	496.612	496.045	495.479	

Projektirana hitrost: **160 km/h**



Vzdolžni nagibi

6.734	12.469	5.662
2950.243	2155.819	2340.357

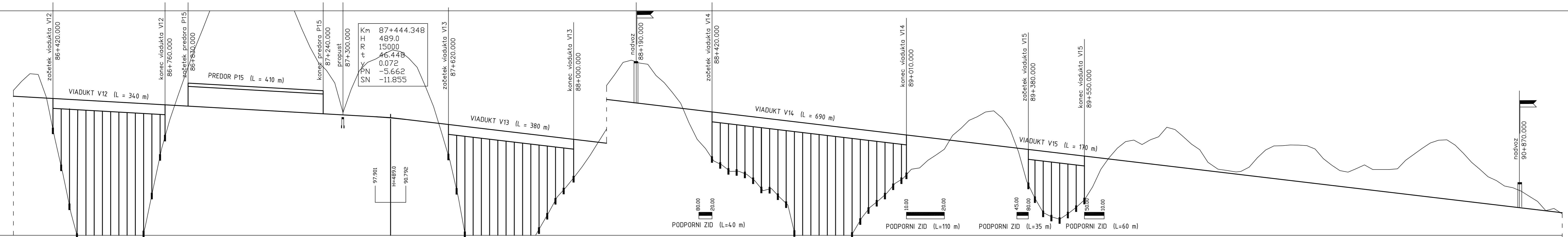
Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
PROMET

Diplomska naloga:
**REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)**

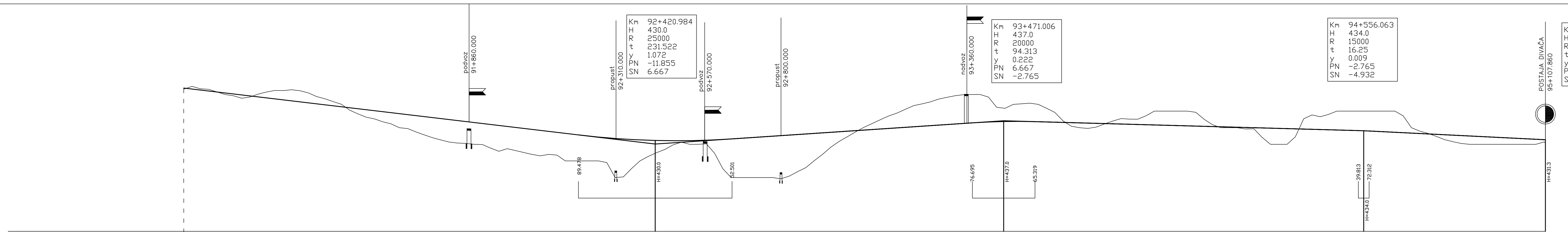
Kandidat:
GREGOR RAKAR Ljubljana 2005

Risba:
**VZDOLŽNI PROFIL ODSEKA POSTOJNA - DIVAČA
OK KM 81+500 DO KM 86+300**



Stacionaža profila: 86+300, 86+400, 86+500, 86+600, 86+700, 86+800, 87+000, 87+100, 87+200, 87+300, 87+400, 87+500, 87+600, 87+700, 87+800, 87+900, 88+000, 88+100, 88+200, 88+300, 88+400, 88+500, 88+600, 88+700, 88+800, 88+900, 89+000, 89+100, 89+200, 89+300, 89+400, 89+500, 89+600, 89+700, 89+800, 89+900, 90+000, 90+100, 90+200, 90+300, 90+400, 90+500, 90+600, 90+700, 90+800, 90+900, 91+000

Teren	495.479	494.913	494.347	493.781	493.214	492.648	492.082	491.516	490.95	490.383	489.817	489.251	488.684	488.115	487.548	486.981	486.414	485.847	485.280	484.713	484.146	483.579	483.012	482.445	481.878	481.311	480.744	480.177	479.610	479.043	478.476	477.909	477.342	476.775	476.208	475.641	475.074	474.507	473.940	473.373	472.806	472.239	471.672	471.105	470.538	469.971	469.404	468.837	468.270	467.703	467.136	466.569	466.002	465.435	464.868	464.301	463.734	463.167	462.600	462.033	461.466	460.899	460.332	459.765	459.198	458.631	458.064	457.497	456.930	456.363	455.796	455.229	454.662	454.095	453.528	452.961	452.394	451.827	451.260	450.693	450.126	449.559	448.992	448.425	447.858	447.291	446.724	446.157	445.590	445.023	444.456	443.889	443.322	442.755	442.188	441.621	441.054	440.487	439.920	439.353	438.786	438.219	437.652	437.085	436.518	435.951	435.384	434.817	434.250	433.683	433.116	432.549	431.982	431.415	430.848	430.281	429.714	429.147	428.580	428.013	427.446	426.879	426.312	425.745	425.178	424.611	424.044	423.477	422.910	422.343	421.776	421.209	420.642	420.075	419.508	418.941	418.374	417.807	417.240	416.673	416.106	415.539	414.972	414.405	413.838	413.271	412.704	412.137	411.570	411.003	410.436	409.869	409.302	408.735	408.168	407.601	407.034	406.467	405.900	405.333	404.766	404.199	403.632	403.065	402.498	401.931	401.364	400.797	400.230	399.663	399.096	398.529	397.962	397.395	396.828	396.261	395.694	395.127	394.560	393.993	393.426	392.859	392.292	391.725	391.158	390.591	390.024	389.457	388.890	388.323	387.756	387.189	386.622	386.055	385.488	384.921	384.354	383.787	383.220	382.653	382.086	381.519	380.952	380.385	379.818	379.251	378.684	378.117	377.550	376.983	376.416	375.849	375.282	374.715	374.148	373.581	373.014	372.447	371.880	371.313	370.746	370.179	369.612	369.045	368.478	367.911	367.344	366.777	366.210	365.643	365.076	364.509	363.942	363.375	362.808	362.241	361.674	361.107	360.540	359.973	359.406	358.839	358.272	357.705	357.138	356.571	356.004	355.437	354.870	354.303	353.736	353.169	352.602	352.035	351.468	350.901	350.334	349.767	349.200	348.633	348.066	347.499	346.932	346.365	345.798	345.231	344.664	344.097	343.530	342.963	342.396	341.829	341.262	340.695	340.128	339.561	338.994	338.427	337.860	337.293	336.726	336.159	335.592	335.025	334.458	333.891	333.324	332.757	332.190	331.623	331.056	330.489	329.922	329.355	328.788	328.221	327.654	327.087	326.520	325.953	325.386	324.819	324.252	323.685	323.118	322.551	321.984	321.417	320.850	320.283	319.716	319.149	318.582	318.015	317.448	316.881	316.314	315.747	315.180	314.613	314.046	313.479	312.912	312.345	311.778	311.211	310.644	310.077	309.510	308.943	308.376	307.809	307.242	306.675	306.108	305.541	304.974	304.407	303.840	303.273	302.706	302.139	301.572	301.005	300.438	299.871	299.304	298.737	298.170	297.603	297.036	296.469	295.902	295.335	294.768	294.201	293.634	293.067	292.500	291.933	291.366	290.799	290.232	289.665	289.098	288.531	287.964	287.397	286.830	286.263	285.696	285.129	284.562	283.995	283.428	282.861	282.294	281.727	281.160	280.593	280.026	279.459	278.892	278.325	277.758	277.191	276.624	276.057	275.490	274.923	274.356	273.789	273.222	272.655	272.088	271.521	270.954	270.387	269.820	269.253	268.686	268.119	267.552	266.985	266.418	265.851	265.284	264.717	264.150	263.583	263.016	262.449	261.882	261.315	260.748	260.181	259.614	259.047	258.480	257.913	257.346	256.779	256.212	255.645	255.078	254.511	253.944	253.377	252.810	252.243	251.676	251.109	250.542	249.975	249.408	248.841	248.274	247.707	247.140	246.573	246.006	245.439	244.872	244.305	243.738	243.171	242.604	242.037	241.470	240.903	240.336	239.769	239.202	238.635	238.068	237.501	236.934	236.367	235.800	235.233	234.666	234.099	233.532	232.965	232.398	231.831	231.264	230.697	230.130	229.563	228.996	228.429	227.862	227.295	226.728	226.161	225.594	225.027	224.460	223.893	223.326	222.759	222.192	221.625	221.058	220.491	219.924	219.357	218.790	218.223	217.656	217.089	216.522	215.955	215.388	214.821	214.254	213.687	213.120	212.553	211.986	211.419	210.852	210.285	210.718	209.151	208.584	208.017	207.450	206.883	206.316	205.749	205.182	204.615	204.048	203.481	202.914	202.347	201.780	201.213	200.646	200.079	199.512	198.945	198.378	197.811	197.244	196.677	196.110	195.543	194.976	194.409	193.842	193.275	192.708	192.141	191.574	191.007	190.440	189.873	189.306	188.739	188.172	187.605	187.038	186.471	185.904	185.337	184.770	184.203	183.636	183.069	182.502	181.935	181.368	180.801	180.234	179.667	179.100	178.533	177.966	177.399	176.832	176.265	175.698	175.131	174.564	173.997	173.430	172.863	172.296	171.729	171.162	170.595	170.028	169.461	168.894	168.327	167.760	167.193	166.626	166.059	165.492	164.925	164.358	163.791	163.224	162.657	162.090	161.523	160.956	160.389	159.822	159.255	158.688	158.121	157.554	156.987	156.420	155.853	155.286	154.719	154.152	153.585	153.018	152.451	151.884	151.317	150.750	150.183	149.616	149.049	148.482	147.915	147.348	146.781	146.214	145.647	145.080	144.513	143.946	143.379	142.812	142.245	141.678	141.111	140.544	139.977	139.410	138.843	138.276	137.709	137.142	136.575	136.008	135.441	134.874	134.307	133.740	133.173	132.606	132.039	131.472	130.905	130.338	129.771	129.204	128.637	128.070	127.503	126.936	126.369	125.802	125.235	124.668	124.101	123.534	122.967	122.400	121.833	121.266	120.699	120.132	119.565	118.998	118.431	117.864	117.297	116.730	116.163	115.596	115.029	114.462	113.895	113.328	112.761	112.194	111.627	111.060	110.493	109.926	109.359	108.792	108.225	107.658	107.091	106.524	105.957	105.390	104.823	104.256	103.689	103.122	102.555	101.988	101.421	100.854	100.287	99.720	99.153	98.586	98.019	97.452	96.885	96.318	95.751	95.184	94.617	94.050	93.483	92.916	92.349	91.782	91.215	90.648	90.081	89.514	88.947	88.380	87.813	87.246	86.679	86.112	85.545	84.978	84.411	83.844	83.277	82.710	82.143	81.576	81.009	80.442	79.875	79.308	78.741	78.174	77.607	77.040	76.473	75.906	75.339	74.772	74.205	73.638	73.071	72.504	71.937	71.370	70.803	70.236	69.669	69.102	68.535	67.968	67.401	66.834	66.267	65.700	65.133	64.566	63.999	63.432	62.865	62.298	61.731	61.164	60.597	60.030	59.463	58.896	58.329	57.762	57.195	56.628	56.061	55.494	54.927	54.360	53.793	53.226	52.659	52.092	51.525	50.958	50.391	49.824	49.257	48.690	48.123	47.556	46.989	46.422	45.855	45.288	44.721	44.154	43.587	43.020	42.453	41.886	41.319	40.752	40.185	39.618	39.051	38.484	37.917	37.350	36.783	36.216	35.649	35.082	34.515	33.948	33.381	32.814	32.247	31.680	31.113	30.546	29.979	29.412	28.845	28.278	27.711	27.144	26.577	26.010	25.443	24.876	24.309	23.742	23.175	22.608	22.041	21.474	20.907	20.340	19.773	19.206	18.639	18.072	17.505	16.938	16.371	15.804	15.237	14.670	14.103	13.536	12.969	12.402	11.835	11.268	10.701	10.134	9.567	8.999	8.432	7.865	7.298	6.731	6.164	5.597	5.030	4.463	3.896	3.329	2.762	2.195	1.628	1.061	0.494	-0.073	-0.640	-1.207	-1.774	-2.341	-2.908	-3.475	-4.042	-4.609	-5.176	-5.743	-6.310	-6.877	-7.444	-8.011	-8.578	-9.145	-9.712	-10.279	-10.846	-11.413	-11.980	-12.547	-13.114	-13.681	-14.248	-14.815	-15.382	-15.949	-16.516	-17.083	-17.650	-18.217	-18.784	-19.351	-19.918	-20.485	-21.052	-21.619	-22.186	-22.753	-23.320	-23.887	-24.454	-25.021	-25.588	-26.155	-26.722	-27.289	-27.856	-28.423	-28.990	-29.557	-30.124	-30.691	-31.258	-31.825	-32.392	-32.959	-33.526	-34.093	-34.660	-35.227	-35.794	-36.361	-36.928	-37.495	-38.062	-38.629	-39.196	-39.763	-40.330	-40.897	-41.464	-42.031	-42.598	-43.165	-43.732	-44.299	-44.866	-45.433	-45.999	-46.566	-47.133	-47.700	-48.267	-48.834	-49.401	-49.968	-50.535	-51.102	-51.669	-52.236	-52.803	-53.370	-53.937	-54.504	-55.071	-55.638	-56.205	-56.772	-57.339	-57.906	-58.473	-59.040	-59.607	-60.174	-60.741	-61.308	-61.875	-62.442	-63.009	-63.576	-64.143	-64.710	-65.277	-65.844	-66.411	-66.978	-67.545	-68.112	-68.679	-69.246	-69.813	-70.380	-70.947	-71.514	-72.081	-72.648	-73.215	-73.782	-74.349	-74.
-------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	------



Stacionaža profila	91/0	91/1	91/2	91/3	91/4	91/5	91/6	91/7	91/8	91/9	92/0	92/1	92/2	92/3	92/4	92/5	92/6	92/7	92/8	92/9	93/0	93/1	93/2	93/3	93/4	93/5	93/6	93/7	93/8	93/9	94/0	94/1	94/2	94/3	94/4	94/5	94/6	94/7	94/8	94/9	95/0	95/1					
Teren	446.575	445.77	444.256	446.176	444.396	440.29	436.78	433.727	430.68	429.937	426.112	426.981	425.0	420.0	426.358	430.638	427.306	420.0	419.626	425.081	433.193	432.285	437.434	441.641	444.139	445.0	446.038	440.859	435.0	437.021	438.606	440.0	435.942	434.616	430.0	438.845	440.0	433.783	440.0	430.0	431.811	430.0	431.318				
Niveleta	446.846	445.661	444.475	446.176	444.396	440.919	437.362	438.548	437.362	436.176	434.991	433.805	432.622	431.679	431.135	430.992	431.249	431.86	432.527	433.193	433.86	434.527	441.641	444.139	445.0	446.813	440.859	436.367	436.09	435.814	435.537	435.261	434.984	434.708	434.431	434.155	433.783	433.29	432.797	432.304	431.811	431.318					
Projektirana hitrost	160 km/h																											80 km/h																			
Smeri	prema 1231.536																											prema 847.870																			
Vzdolžni nagibi	20.984																											71.006										3.561									

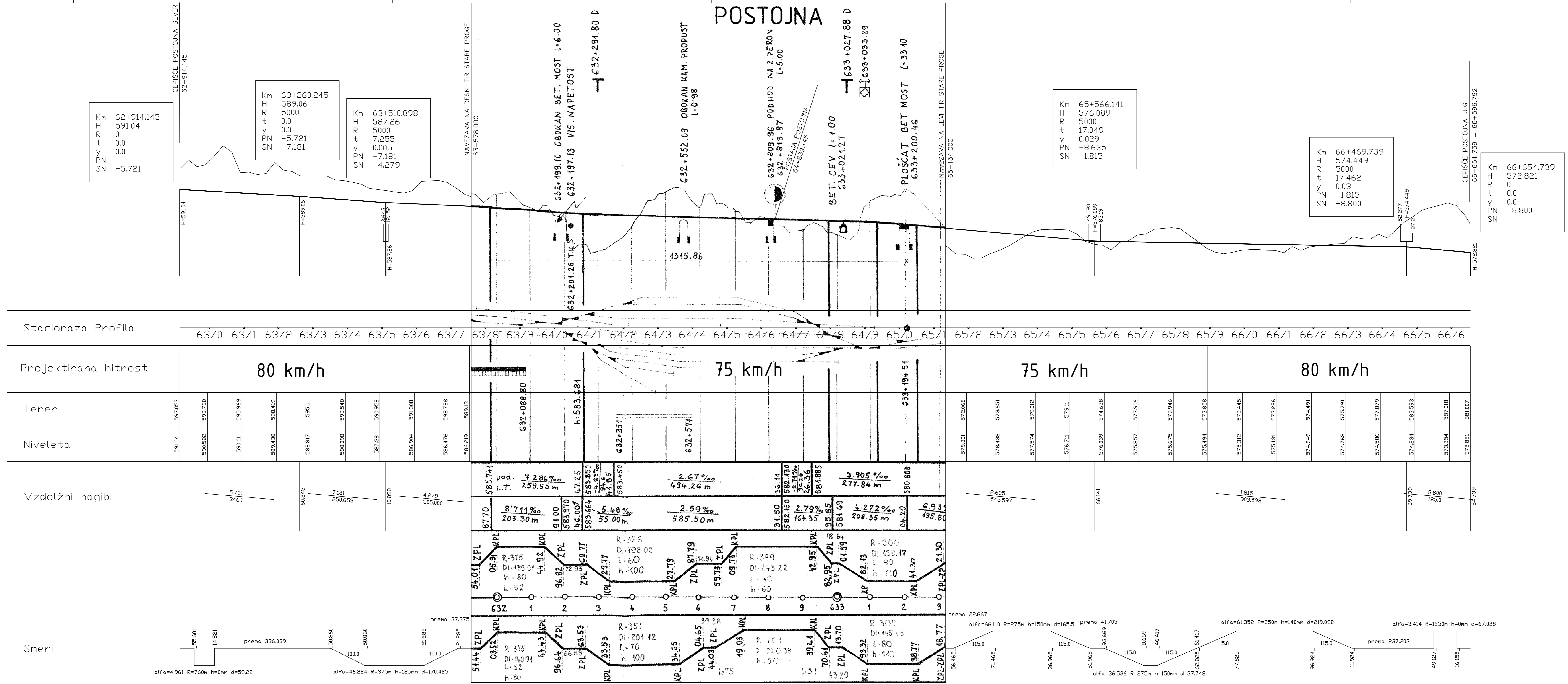
Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
PROMET

Diplomska naloga:
**REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA V_{max} ≥ 160 km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)**

Kandidat:
GREGOR RAKAR

Risba:
**VZDOLŽNI PROFIL ODSEKA POSTOJNA - DIVAČA
OD KM 91+000 DO KM 95+103**



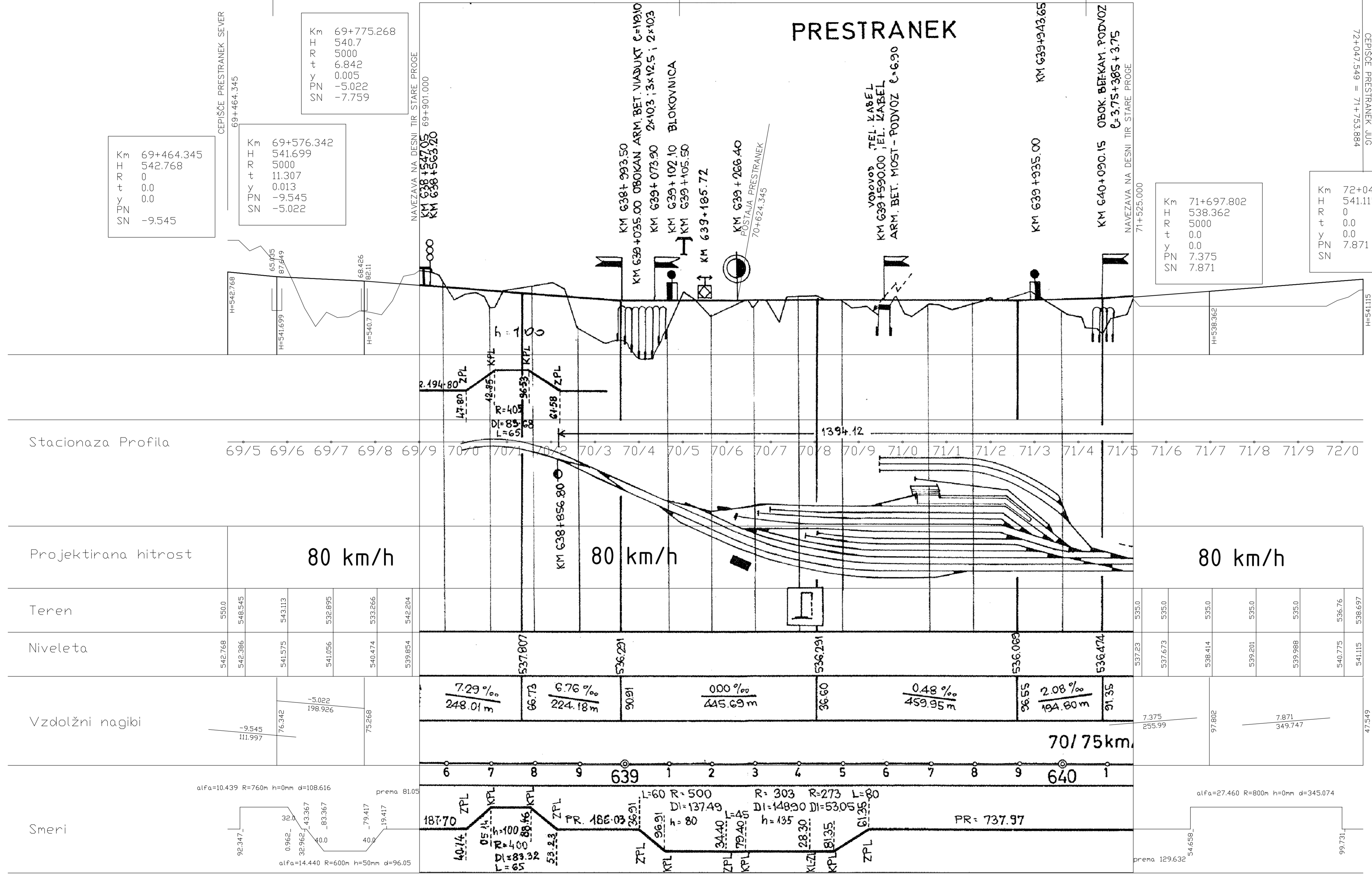
Km	69+464.345
H	542.768
R	0
t	0.0
y	0.0
PN	0.0
SN	-9.545

Km	69+576.342
H	541.699
R	5000
t	11.307
y	0.013
PN	-9.545
SN	-5.022

Km	69+775.268
H	540.7
R	5000
t	6.842
y	0.005
PN	-5.022
SN	-7.759

Km	71+697.802
H	538.362
R	5000
t	0.0
y	0.0
PN	7.375
SN	7.871

Km	72+047.549
H	541.115
R	0
t	0.0
y	0.0
PN	7.871
SN	7.871



Stacionaza Profila

Projektirana hitrost

80 km/h

80 km/h

80 km/h

Teren

Niveleta

Vzdolžni nagibi

Smeri



UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Smer:
PROMET

Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

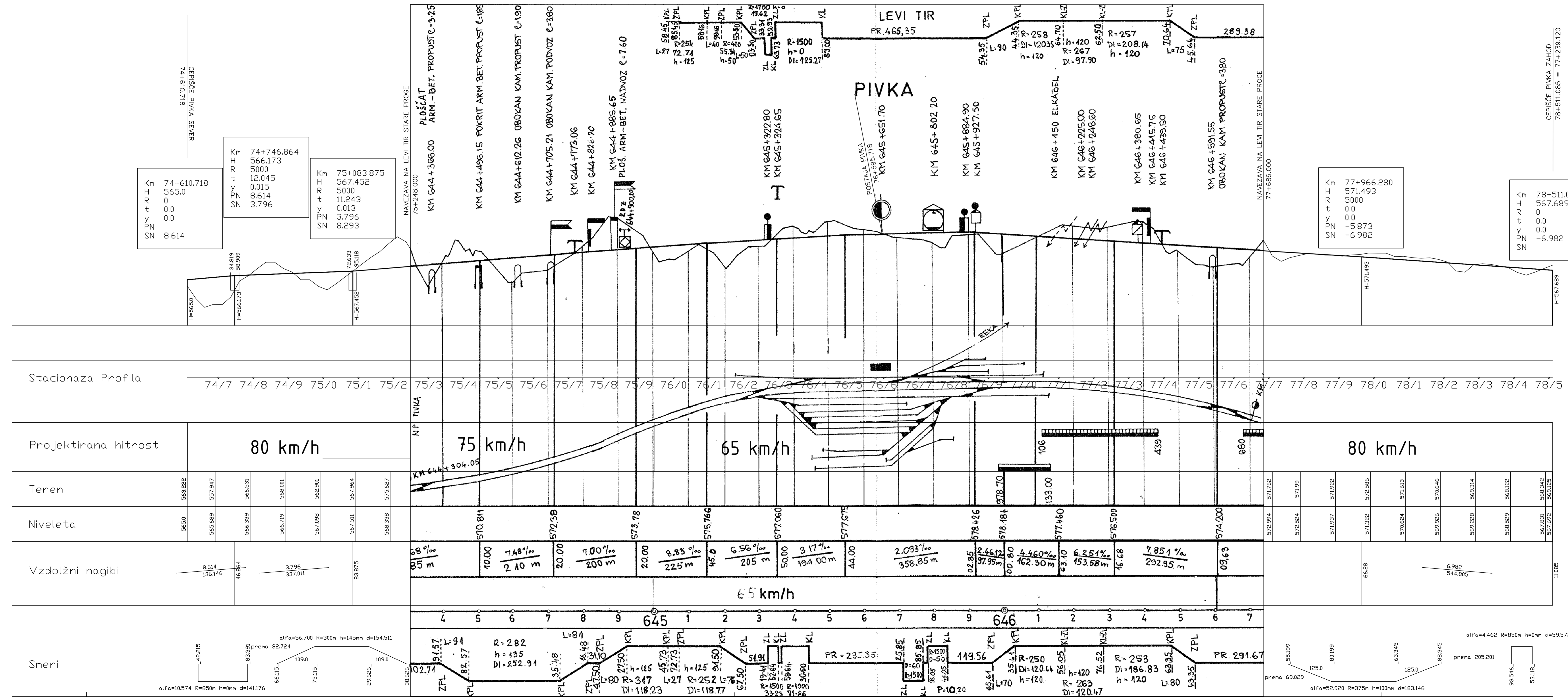
Kandidat:
GREGOR RAKAR

Ljubljana 2005

Risba:
VZDOLŽNI PROFIL PRIKLJUČKA PRESTRANEK

Merilo:
M 1:5000/1:500

List:
23



Km	74+610.718
H	565.0
R	0
t	0.0
y	0.0
PN	8.614
SN	8.614

Km	74+746.864
H	566.173
R	5000
t	12.045
y	0.015
PN	8.614
SN	3.796

Km	75+083.875
H	567.452
R	5000
t	11.243
y	0.013
PN	3.796
SN	8.293

Km	77+966.280
H	571.493
R	5000
t	0.0
y	0.0
PN	-5.873
SN	-6.982

Km	78+511.085
H	567.689
R	0
t	0.0
y	0.0
PN	0.0
SN	-6.982

Stacionaza Profila	74/7 74/8 74/9 75/0 75/1 75/2 75/3 75/4 75/5 75/6 75/7 75/8 75/9 76/0 76/1 76/2 76/3 76/4 76/5 76/6 76/7 76/8 76/9 77/0 77/1 77/2 77/3 77/4 77/5 77/6 77/7 77/8 77/9 78/0 78/1 78/2 78/3 78/4 78/5
Projektirana hitrost	80 km/h 75 km/h 65 km/h 80 km/h
Teren	563.222 565.689 566.339 566.719 567.098 567.511 568.338 570.811 572.38 573.78 575.766 577.060 577.675 578.26 578.48 577.460 576.500 574.200 572.994 571.762 572.524 571.99 571.937 571.922 571.322 572.586 570.624 571.613 569.926 570.646 569.314 569.228 568.122 567.691 568.942 567.692 569.123
Vzdolžni nagibi	8.614/136.146 46.864/337.011 3.796/83.875 8.8%/85m 1000/210m 1.48%/200m 1.00%/200m 2.00%/225m 8.83%/45.8m 6.56%/205.3m 50.00%/194.00m 3.17%/44.00m 2.093%/358.85m 02.85%/97.95m 2.461%/90.80m 4.460%/162.30m 6.251%/153.58m 7.851%/292.95m 09.63%/11.085m 66.28/544.805 6.982/544.805
Smeri	4 5 6 7 8 9 645 1 2 3 4 5 6 7 646 1 2 3 4 5 6 7

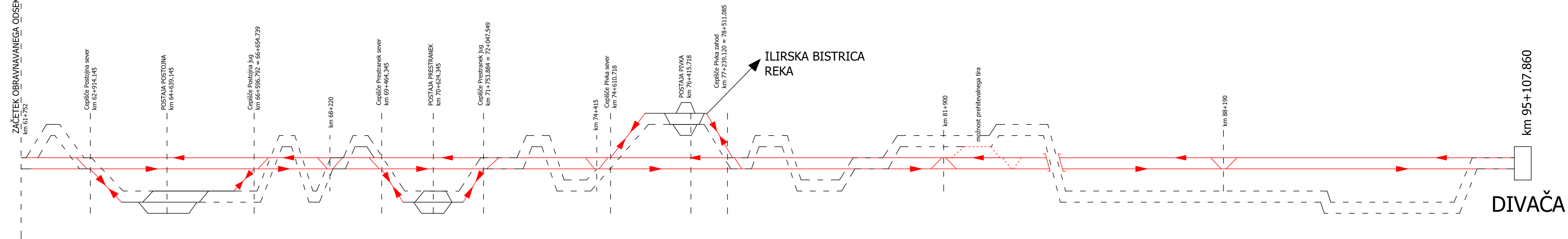
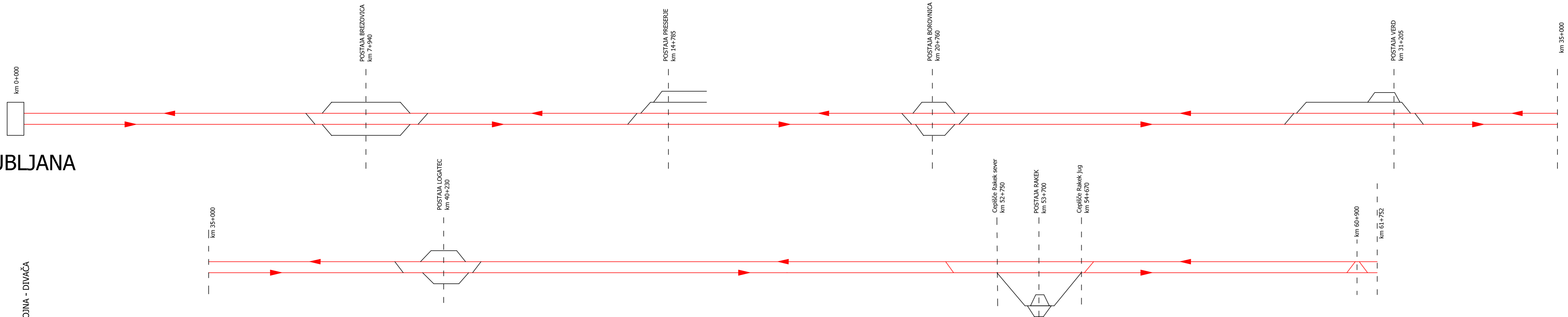
UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
Smer:
PROMET
Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA V_{max} ≥ 160 km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)
Kandidat:
GREGOR RAKAR
Ljubljana 2005

Risba:
VZDOLŽNI PROFIL PRIKLJUČKA PIVKA

Merilo:
M 1:5000/1:500
Lis:
24

LJUBLJANA



LEGENDA:

- NOVA PROGA
- STARA PROGA, UPORABLJENA
- - - STARA PROGA, OPUŠČENA
- - - NOVA PROGA PO TRASI STARE



UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

Študijski program:
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ
Smer:
PROMET

Diplomska naloga:
REKONSTRUKCIJA ŽELEZNIŠKE PROGE LJUBLJANA - SEŽANA
ZA $V_{max} \geq 160$ km/h (ODSEK POSTOJNA - DIVAČA)

Kandidat:
GREGOR RAKAR

Ljubljana 2005

Risba:
TIRNA SHEMA ODSEKA LJUBLJANA - DIVAČA

Merilo:
SHEMA

List:
25

