

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Marić, M., 2014. Nadgradnja železniške proge na odseku Slovenska Bistrica - Pragersko za hitrost 120 km/h. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Zgonc, B., somentorica Šemrov, D.): 30 str.

Datum arhiviranja: 12-09-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Marić, M., 2014. Nadgradnja železniške proge na odseku Slovenska Bistrica - Pragersko za hitrost 120 km/h. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Zgonc, B., co-supervisor Šemrov, D.): 30 pp.

Archiving Date: 12-09-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

MAJA MARIĆ

**NADGRADNJA ŽELEZNIŠKE PROGE NA ODSEKU
SLOVENSKA BISTRICA - PRAGERSKO ZA HITROST
120 KM/H**

Diplomska naloga št.: 101/B-GR

**UPGRADING OF RAILWAY SECTION SLOVENSKA
BISTRICA - PRAGERSKO FOR A SPEED 120KM/H**

Graduation thesis No.: 101/B-GR

Mentor:

prof. dr. Bogdan Zgonc

Predsednik komisije:

prof. dr. Bogdan Zgonc

Somentorica:

asist. Darja Šemrov

Ljubljana, 28. 03. 2014

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Maja Marić izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom *Nadgradnja železniške proge na odseku Slovenska Bistrica – Pragersko za hitrost 120 km/h.*

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 12. 3. 2014

Maja Marić

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 625.11(497.4)(043.2)
- Avtor:** Maja Marić
- Mentor:** prof. dr. Bogdan Zgonc
- Somentor:** asist. Darja Šemrov
- Naslov:** Nadgradnja železniške proge na odseku Slovenska Bistrica – Pragersko za hitrost 120 km/h
- Tip dokumenta:** diplomska naloga – univerzitetni študij
- Obseg in oprema:** 30 str., 13 sl., 4 pregl.
- Ključne besede:** nadgradnja železniške proge, projektiranje železniške infrastrukture, horizontalni elementi železniške proge, CGS Ferrovias

Izvleček:

V diplomski nalogi sem povzela teoretične osnove horizontalnih elementov za projektiranje železniških prog. Preučila sem njihovo medsebojno odvisnost in izračunala nove horizontalne elemente za nadgradnjo izbranega odseka Slovenska Bistrica – Pragersko na višjo vozno hitrost vlakov. Novo umeščena proga se prilagaja geografskim in urbanističnim omejitvam ter obstoječi trasi proge. Trenutna železniška proga dovoljuje vozno hitrost do 90 km/h. Nadgrajena proga pa je projektirana tako, da omogoča povišanje hitrosti vlakov do 120 km/h. Skladno s Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (Uradni list RS, št. 92/ 2010) sem izračunala minimalni krožni lok, ki je bil osnova za umeščanje trase v prostor. Za izris horizontalnega poteka trase sem določila parametre krožnih lokov in prehodnic, izračunala nadvišanja ter preverila velikosti bočnih pospeškov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK: 625.11(497.4)(043.2)

Author: Maja Marić

Supervisor: Prof. Bogdan Zgonc, Ph.D.

Cosupervisor: Assist. Darja Šemrov

Title: Upgrading of railway section Slovenska Bistrica – Pragersko for a speed 120 km/h

Document type: Graduation Thesis – University studies

Notes: 30 p., 13 fig., 4 tab.

Keywords: upgrading of railway track, designing of railway infrastructure, horizontal elements of railway infrastructure, CGS Ferrovia

Abstract

In my thesis I showed theoretical basics of horizontal elements for planning railway tracks. I studied their dependents and calculate new horizontal elements to upgrade a chosen section located between Slovenska Bistrica and Pragersko for a higher speed of trains. New track was fitted and adjusted to geographic and urban restrictions and current railway track. It had been planned for speeds up to 90 km/h. New railway track was planned for a higher speed up to 120 km/h. In accordance with Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog (Uradni list RS, št. 92/ 2010) I calculated minimum of curve radius, which is a base for fitting railway track into an area. For tracing of horizontal alignment of track I determined the parameters of curves and transitions curves, calculated cant and proved a high of lateral force.

ZAHVALA

Najprej bi se rada zahvalila staršem za pomoč in podporo v vseh mojih dosedanjih letih življenja in da sta mi omogočila kvalitetno šolanje.

Posebna zahvala gre sestri in Jerneju, ki sta verjela vame in mi z veliko mero razumevanja stala ob strani.

Hvala tudi Juretu in sošolcem za vso pomoč ter lepe trenutke.

Še posebej iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Bogdanu Zgoncu in somentorici asist. Darji Šemrov za strokovno svetovanje in pomoč pri nastajanju diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD	1
1.1 Namen in cilj	3
2 TEORETIČNE OSNOVE PROJEKTIRANJA PROG HORIZONTALNIH ELEMENTOV	4
2.1 Prema	4
2.2 Krožni lok	5
2.2.1 Bočni pospešek	7
2.2.2 Nadvišanje	9
2.3 Prehodnica	12
2.3.1 Prehodna klančina	12
2.3.2 Strmina prehodne klančine	13
2.3.3 Dolžina prehodne klančine	14
3 PROJEKTNI DEL	16
3.1 Analiza obstoječega stanja proge	16
3.2 Izračun vrednosti horizontalnih elementov za progo s hitrostjo 120 km/h	20
3.3 Analiza načrtovane proge za hitrost 120 km/h	23
4 ZAKLJUČEK	25
VIRI	27

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz Vseevropskega prometnega omrežja (Vir: Future EU transport ..., 2013)....	1
Slika 2:	Prikaz poteka Sredozemskega in Baltsko Jadranskega koridorja z označenim nadgrajenim odsekom med Slovensko Bistrico in Pragerskim (Vir: Železniško omrežje, 2014).....	2
Slika 3:	Potek obstoječe železniške proge na odseku Slovenska Bistrica – Pragersko (Vir: Obstoječa železniška proga, 2014).....	3
Slika 4:	Nagib tirnice (Vir: Esveld, 2001).....	4
Slika 5:	Medosna razdalja tirnic (Vir: Esveld, 2001).....	5
Slika 6:	Višinski odnos med tirnicama (Vir: Esveld, 2001).....	5
Slika 7:	Elementi krožnega loka: polmer R in kot α med tangentama t (Vir: Zgonc, 2012) ..	6
Slika 8:	Sile, ki delujejo na vozilo v nadvišani krivini (Vir: Zgonc, 2012)	8
Slika 9:	Prikaz višinske razlike h [mm] lege notranje in zunanje tirnice v krivini (Vir: Esveld, 2001)	9
Slika 10:	Ploskev možnih nadvišanj z iskano linijo optimalnih nadvišanj na premici h_{opt} (Vir: Zgonc, 2010)	11
Slika 11:	Premočrtna prehodna klančina, hitrost dviganja in pospeški dvigovanja (Vir: Zgonc, 2012)	13
Slika 12:	Obstoječe stanje postaje Slovenska Bistrica; uvozni kretnici 9 in 10 iz smeri Pragersko (Vir: Skice postajnih tirnih shem, 2013).....	18
Slika 13:	Obstoječe stanje postaje Pragersko; uvozni kretnici 2 in 3 iz smeri Slovenska Bistrica (Vir: Skice postajnih tirnih shem, 2013)	19

KAZALO TABEL

Tabela 1: Delitev tirov na postaji Slovenska Bistrica in njihov namen (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013).....	17
Tabela 2: Delitev tirov na postaji Pragersko in njihov namen (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013).....	19
Tabela 3: Izračunane vrednosti horizontalnih elementov obravnavane trase za levi tir za hitrost $V_{max} = 120$ km/h.....	21
Tabela 4: Izračunane vrednosti horizontalnih elementov obravnavane trase za desni tir za hitrost $V_{max} = 120$ km/h.....	22

UPORABLJENE OKRAJŠAVE

B	bočna sila [N]
c	sredobežni pospešek [m/s^2]
C	sredobežna sila [N]
CO ₂	ogljikov dioksid
D-lok	dizelska lokomotiva
d.m.	državna meja
h	nadvišanje [mm]
h ₀	ordinata sečišča
h _{opt}	optimalno nadvišanje [mm]
Δh _p	primanjkljaj nadvišanja [mm]
Δh _v	presežek nadvišanja [mm]
h _x	nadvišanje v poljubni točki [mm]
L	dolžina prehodnice [m]
m	masa vozila
PTN	prometno transportno navodilo
R	polmer krožnega loka [m]
R _{min}	minimalni polmer krožnega loka [m]
TEN-T	Vseevropsko prometno omrežje (Trans-European Transport Network)
t/m	obremenitev v tonah na tekoči meter
t/os	obremenitev v tonah na os
v	hitrost [m/s]
V	hitrost [km/h]
v _h	hitrost dviganja zunanje tirnice
V _{max}	računska hitrost za določanje horizontalnih elementov na progi
Q	sila teže [N]
x ₀	oddaljenost od x osi
y ₀	oddaljenost od y osi

Prazna stran.

1 UVOD

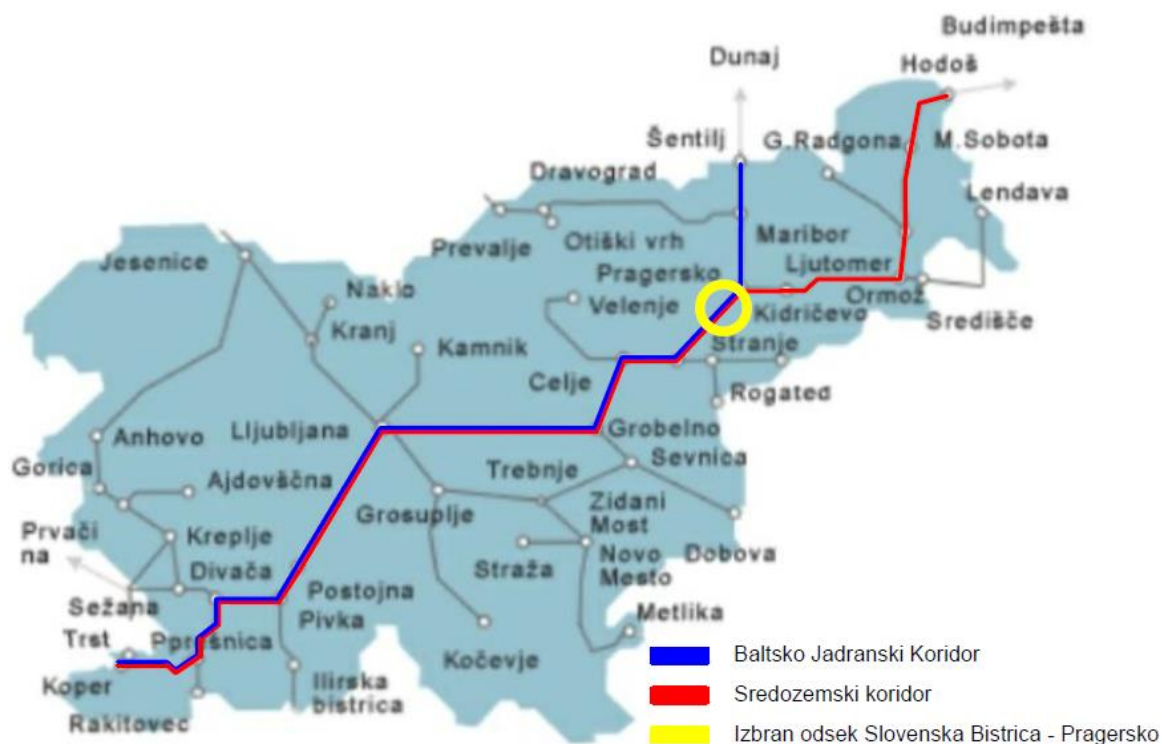
Z namenom smiselnega povezovanja in združevanja Evrope je Evropska komisija leta 2013 določila devet novih koridorjev združenih v skupno Vseevropsko prometno omrežje (TEN-T) (Slika 1), ki bi naj do leta 2030 v celoti povezovalo Evropsko unijo (Infrastructure - TEN-T, 2013). Dva koridorja sta določena v smeri sever – jug, trije v smeri vzhod – zahod in štirje kot diagonalni koridorji (Zemljič, 2012).



Slika 1: Prikaz Vseevropskega prometnega omrežja (Vir: Future EU transport ..., 2013)

Slovenske železniške proge lahko izkoristijo geografsko lego Slovenije in vpetost v evropsko kopensko transportno mrežo, izhod na odprto morje in tradicijo prevoznitva (Zemljič, 2012).

Skozi Slovenijo potekata dva koridorja Vseevropskega prometnega omrežja (Slika 2); Sredozemski koridor poimenovan kot Koridor 3 in Baltsko Jadranski koridor kot Koridor 1 (Uredba (EU) št. 1315/2013, 2013). Sredozemski se začne v Algecirasasu in vodi skozi Madrid, Barcelono, Lyon, Torino in Milano do slovenske meje. Prečka jo v Koprju ter se nadaljuje preko Ljubljane, Maribora skozi Zalalövö, Budimpešto do ukrajinske meje (Zemljič, 2012). Baltsko Jadranski koridor pa se začne v Ravenni in poteka skozi Benetke, Videm, Celovec, Dunaj, Brno, Katowice, Varšavo, Kaunas in Rigo v Talin. Ta koridor se z uveljavitvijo Uredbe (EU) št. 1315/2013 (2013) razveji ter prečka Slovenijo skozi Koper, Ljubljano in Maribor ter se v Gradcu spet združi.



Slika 2: Prikaz poteka Sredozemskega in Baltško Jadranskega koridorja z označenim nadgrajenim odsekom med Slovensko Bistrico in Pragerskim
(Vir: Železniško omrežje, 2014)

Vključenost Slovenije v Vseevropsko prometno omrežje s Sredozemskim in Baltško Jadranskim koridorjem omogoča ohranitev konkurenčnosti prometa skozi njo (Zemljič, 2012). Pri tem pa lahko gestrateška lega podprta z Uredbo (EU) št. 1315/2013 (2013) pripomore k razvoju in povezovanju slovenskega tržišča z evropskim (Luka Koper, 2014).

1.1 Namen in cilj

Moj izbrani odsek železniške proge Slovenska Bistrica – Pragersko (Slika 3) leži na Sredozemskem in Baltsko Jadranskem koridorju. Zaradi trenutnega stanja železniške proge je na določenih odsekih hitrost nižja in prilagojena razmeram, nosilnost pa je omejena. V diplomski nalogi sem se odločila za nadgradnjo obstoječe proge za hitrost 120 km/h. Preverila sem ali lahko progo primerno umestim v prostor in kakšne posledice bi poseg povzročil, predvsem za obstoječe objekte in cestno infrastrukturo ob načrtovani železniški progi. Za doseganje zelenih ciljev sem uporabila računalniški program Ferrovial, ki je namenjen projektiranju železniške infrastrukture. Odsek sem projektirala v skladu s Pravilnikom o zgornjem ustroju železniških prog (Uradni list RS, št. 92/ 2010), v nadaljevanju Pravilnik o ZU (2010).



Slika 3: Potek obstoječe železniške proge na odseku Slovenska Bistrica – Pragersko
(Vir: Obstoječa železniška proga, 2014)

2 TEORETIČNE OSNOVE PROJEKTIRANJA PROG HORIZONTALNIH ELEMENTOV

V sledečem poglavju so opisane teoretične osnove projektiranja železniških prog. Za načrtovanje prog se navezujemo na horizontalne elemente, ki v tlorisu določajo lego vzdolžne osi proge. Osnovni horizontalni elementi so prema, krožni lok in prehodnica. Zbrane enačbe in konstante so povzete po Zgoncu (2012) in skladne s Pravilnikom o ZU (2010).

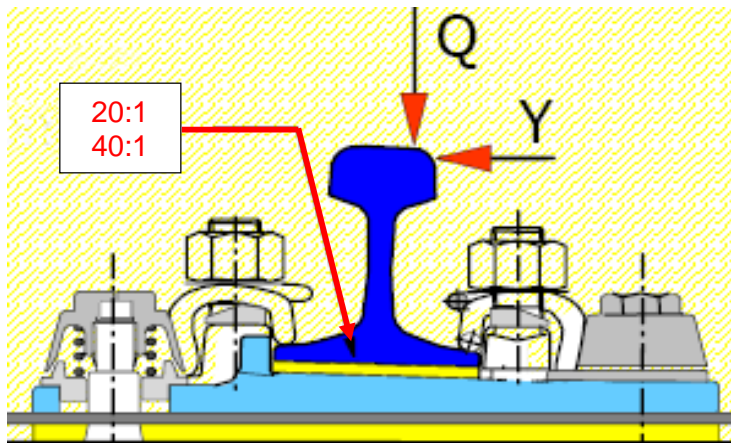
Najenostavnejši osnovni element pri projektiranju proge je prema, ki je določena le s svojo dolžino in smerjo. Krožni lok je neposredno povezan z nadvišanjem, prehodnica pa s prehodno klančino. Iz omenjenih osnovnih horizontalnih elementov izhajamo pri izračunu ostalih horizontalnih elementov. Izračunamo jih na podlagi želene hitrosti.

2.1 Prema

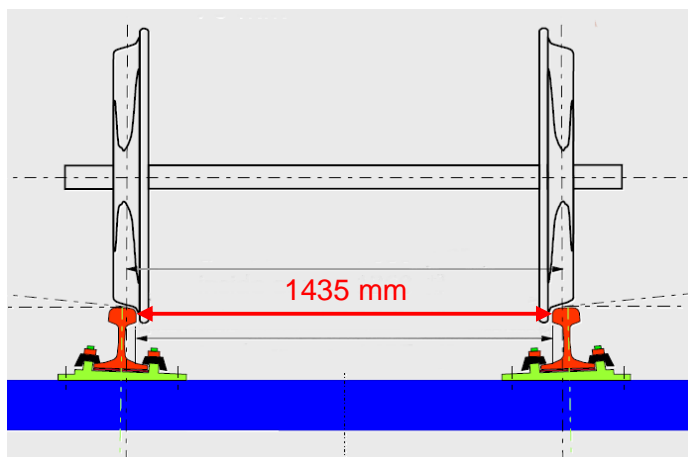
Prema je določena samo s svojo dolžino in smerjo in je najenostavnejši element pri projektiranju proge.

Pravilnik o ZU (2010) za tir v premi določa naslednje:

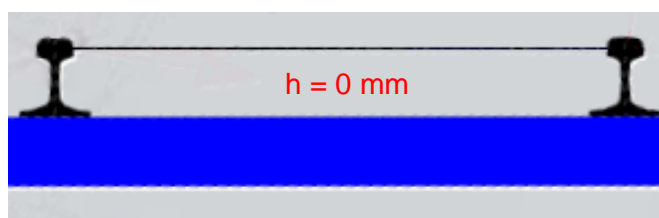
- nagib tirnic (Slika 4); 7. člen določa nagib za obstoječe proge v razmerju 20:1, za novogradnje 40:1 ter kretnice in križišča brez naklona,
- tirna širina (Slika 5); znaša 1435 mm in je najmanjša razdalja med notranjima robovoma tirničnih glav v območju med 0 in 14 mm pod ravnino gornjih robov tirnic (8. člen),
- minimalna dolžina; se izračuna po enačbi $0,4V_{max}$ (26), vendar mora biti večja ali enaka 20 m (11. člen),
- višinski odnos (Slika 6); gornja robova tirnih trakov morata biti na enaki višini (12. člen).



Slika 4: Nagib tirnice (Vir: Esveld, 2001)



Slika 5: Medosna razdalja tirnic (Vir: Esveld, 2001)



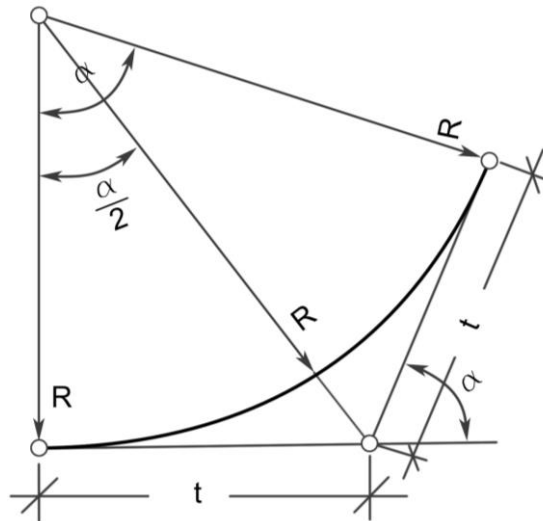
Slika 6: Višinski odnos med tirnicama (Vir: Esveld, 2001)

2.2 Krožni lok

Krožni lok je najenostavnejši geometrijski element krožne krivine. Enolično je določen s svojim polmerom R in velikostjo središčnega kota α . S tema podatkom lahko določimo vse druge parametre za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje proge.

Glavne elemente krožnega loka lahko izrazimo s kotom, ki ga tvorita obe tangenti.

Elementi so vidni na Sliki 7:



Slika 7: Elementi krožnega loka: polmer R in kot α med tangentama t (Vir: Zgonc, 2012)

Krožni lok je natančno določen z naslednjima enačbama:

$$x^2 + y^2 = R^2 \quad (1)$$

in

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2, \quad (2)$$

kjer je:

x_0 ... oddaljenost od x osi,

y_0 ... oddaljenost od y osi,

R ... polmer krožnega loka.

Zaradi enostavnosti lahko enačbo krožnega loka nadomestimo z enačbo kvadratne parabole

$$y = \frac{x^2}{2R}. \quad (3)$$

Pri projektiranju novih prog in nadgradnji obstoječih prog, je minimalni polmer krožnega loka na odprti progi 300 m, na glavnih prevoznih tirih postaj pa 500 m.

Absolutno najmanjši dopustni polmer krožnega loka na stranskih postajnih tirih je 150 m, na glavnih postajnih tirih pa 180 m.

2.2.1 Bočni pospešek

Na vozilo, ki vozi skozi krivino z določeno hitrostjo, deluje sredobežna sila C , ki je produkt sredobežnega pospeška in mase vozila.

$$C = mc = \frac{mv^2}{R}, \quad (4)$$

kjer je:

m ... masa vozila [t],

c ... sredobežni pospešek [m/s^2],

v ... hitrost [m/s].

Sredobežna sila C deluje v horizontalni ravnini in ustvarja moment, ki skuša vozilo prevrniti navzven. Njen vpliv oziroma vpliv njene komponente vzporedno z ravnino tira $C\cos\alpha$ lahko deloma v celoti kompenziramo s komponentno sile teže $Q\sin\alpha$, ki nastane pri nadvišanju zunanje tirnice.

Da lahko izračunamo nadvišanje, je odločilna nekompenzirana bočna sila B oziroma bočni pospešek b , ki deluje na vozilo vzporedno z ravnino tira. Bočno silo dobimo, če z razliko projekcije sredobežne sile na ravnino tira $C\cos\alpha$ in bočne komponente sile teže v ravnini tira $Q\sin\alpha$.

Enačba za izračun bočne sile je:

$$B = C\cos\alpha - Q\sin\alpha, \quad (5)$$

kjer je:

B ... bočna sila [N],

C ... sredobežna sila [N],

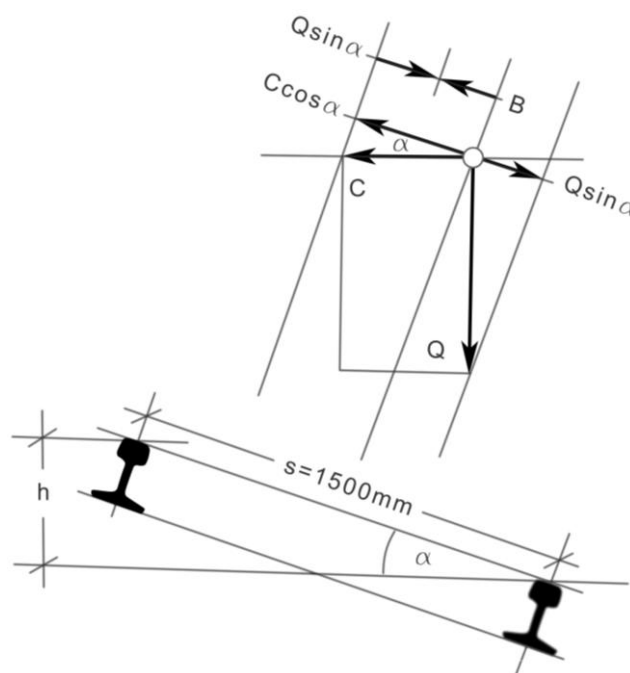
Q ... sila teže [N].

Zaradi majhnega kota med horizontalno ravnino in ravnino tira lahko predpostavimo, da je

$$\sin \alpha = \frac{h}{s} \cong \tan \alpha.$$

Zaradi te predpostavke lahko zapišemo bočno silo kot (Slika 8):

$$B = C - Q \tan \alpha = C - Q \frac{h}{s}. \quad (6)$$



Slika 8: Sile, ki delujejo na vozilo v nadvišani krivini (Vir: Zgonc, 2012)

Izraz delimo z maso in dobimo enačbo za bočni pospešek:

$$b = \frac{v_{max}^2}{13R} - \frac{h}{153}. \quad (7)$$

Upoštevali smo, da je $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ in $s = 1500 \text{ mm}$.

Bočni pospešek lahko pri najvišji hitrosti vlakov zavzame 3 karakteristične vrednosti:

- $b = 0$

Teoretično nadvišanje; tirnici sta enako obremenjeni. Obe komponenti se dopolnjujeta. Gre za idealno rešitev, možno le pri enaki hitrosti vlakov; kar pa navadno na železnici ni mogoče.

- $b > 0$

Zunanja tirnica je bolj obremenjena, ker je sredobežna komponenta bočnega pospeška večja od težnostne komponente.

- $b < 0$

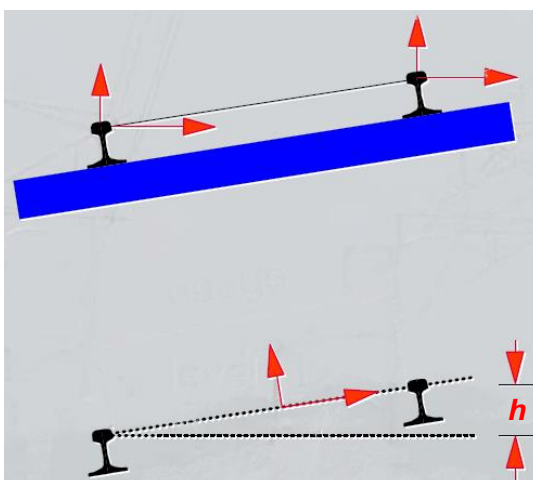
V tem primeru je bolj obremenjena notranja tirnica, ker je tokrat sredobežna komponenta bočnega pospeška manjša od težnostne komponente. Do tega pojava pride le pri ustavitvi ali pri počasni vožnji vlaka v nadvišani krivini.

Bočni pospešek b in primanjkljaj nadvišanja Δh_p sta medsebojno povezana in soodvisna in ne vplivata na izračun.

$$\Delta h_p = 153b \quad (8)$$

2.2.2 Nadvišanje

Definicija nadvišanja je določena kot razlika med višinsko lego notranje in zunanje tirnice v krivini. Označujemo ga z oznako h in merimo v milimetrih (Slika 9). Z njim delno ali v celoti kompenziramo sredobežno silo, ki pri vožnji skozi krivino deluje na vozilo. To storimo tako, da zunanjo tirnico dvignemo oziroma spustimo ali pa izvedemo kombinacijo obeh. Pri načrtovanju praviloma zunanji tirni trak nadvišamo, notranji tirni trak pa je na koti nivelete i. Največje hitrosti vlaka, polmer krožnega loka in dopustni bočni pospešek pogojujejo velikost nadvišanja.



Slika 9: Prikaz višinske razlike h [mm] lege notranje in zunanje tirnice v krivini
(Vir: Esveld, 2001)

Minimalno nadvišanje pri novogradnji in obnovi obstoječih prog v zahtevnejših terenskih razmerah je:

$$h_{min} = \frac{11,8V_{max}^2}{R} - 115 \quad b = 0,75 \text{ m/s}^2, \quad (9)$$

na šibkih mestih:

$$h_{min} = \frac{11,8V_{max}^2}{R} - 100 \quad b = 0,65 \text{ m/s}^2, \quad (10)$$

za izjemno nadvišanje pa uporabimo enačbo:

$$h_{min} = \frac{11,8V_{max}^2}{R} - 130 \quad b = 0,85 \text{ m/s}^2. \quad (11)$$

Teoretično nadvišanje izračunamo kot:

$$h_t = 11,8 \frac{V_{max}^2}{R}. \quad (12)$$

Zaradi vlakov različnih hitrosti moramo najti kompromis med hitrimi vlaki, ki potrebujejo pri istem R večje nadvišanje in počasnejši vlaki, ki potrebujejo manjše nadvišanje (enačbi (13) in (14)).

Minimalni krožni radij, ki ustreza najhitrejšim vlakom izračunamo po enačbi:

$$R_{min} = \frac{11,8V_{max}^2}{160 + \Delta h_p}, \quad (13)$$

minimalni krožni radij, ki ustreza najpočasnejšim vlakom pa po enačbi:

$$R_{min} = \frac{11,8V_{max}^2}{160 - \Delta h_v}, \quad (14)$$

kjer je:

V_{max} ... najvišja hitrost na odseku [km/h],

Δh_p ... primanjkljaj nadvišanja za najhitrejši vlak [mm],

Δh_v ... presežek nadvišanja za najpočasnejši vlak [mm],

R_{min} ... minimalni polmer krožnega loka [m].

Za potrebe projektiranja železniških prog izračunamo minimalni polmer krožnega loka R_{min} in optimalno nadvišanje h_{opt} (Slika 10) po enačbah (15), (16) in (17)

$$R_{min} = 11,8 \frac{V_{max}^2 - V_{min}^2}{\Delta h_p + \Delta h_v}, \quad (15)$$

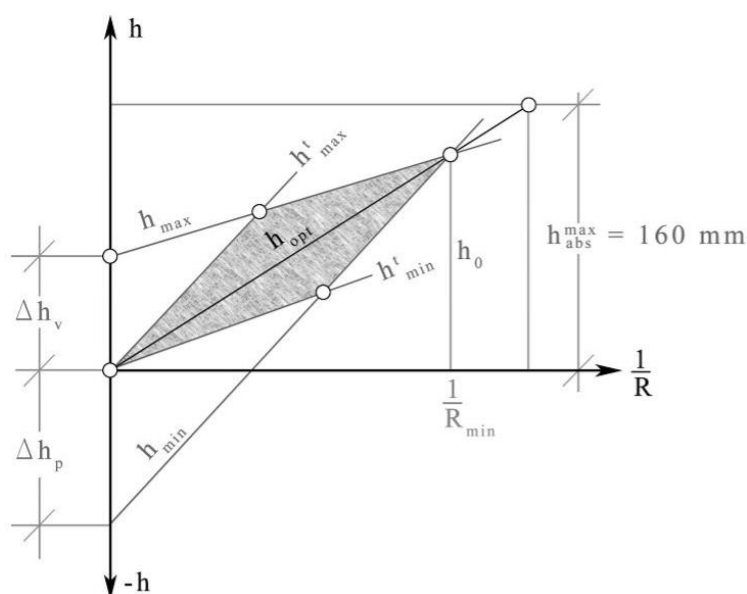
$$h_0 = h_{min} = \frac{V_{max}^2 + V_{min}^2}{V_{max}^2 - V_{min}^2}, \quad (16)$$

$$h_{opt} = \frac{h_0 R_{min}}{R}, \quad (17)$$

kjer je:

h_{opt} ... optimalno nadvišanje,

h_0 ... ordinata sečišča.



Slika 10: Ploskev možnih nadvišanj z iskano linijo optimalnih nadvišanj na premici h_{opt}
(Vir: Zgonc, 2010)

Pri običajnih vlakih različnih hitrosti izračunamo neko vmesno vrednost (glede na geometrijske in ekonomske pogoje) in po enačbi (15) vrednosti zaokrožimo na 5 mm navzgor. Minimalno nadvišanje, ki ga še izvedemo je 20 mm, maksimalno dovoljeno nadvišanje pa na tirih s tirno gredo 160 mm. Izračunane vrednosti za minimalna in maksimalna nadvišanja se zaokrožujejo na naslednjo višjo vrednost, ki je deljiva s številom 5.

Nadvišanje se ne izvede v krivinah glavnih prevoznih tirov postaj, na katerih se ustavljajo vsi vlaki, na stranskih postajnih in industrijskih tirih ter na kretnicah (izjema so krivinske kretnice).

2.3 Prehodnica

Prehodnica je prehodna krivulja, ki omogoča miren prehod iz preme v krožni lok in obratno ali pa prehod med dvema krožnima lokoma različnih polmerov. Pri nenadni spremembi ukrivljenosti nastane sunek, ki je zaradi neposrednega spoja med premo in krožnim lokom ali med dvema krožnima lokoma z različnima polmeroma neugoden.

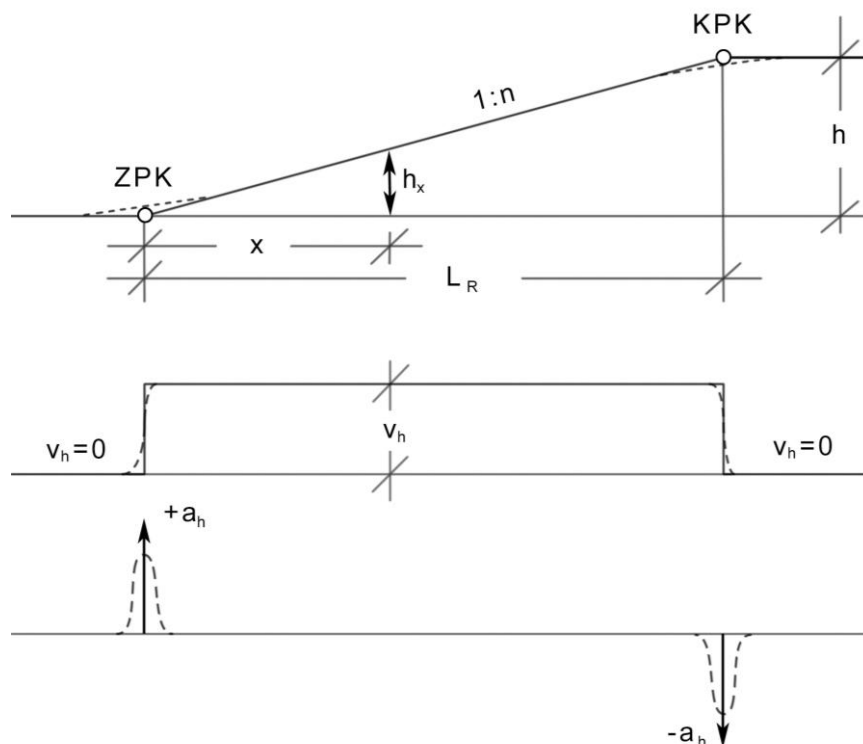
Na mestu prehodnice se pri nadvišani krivini vgradi tudi prehodna klančina. Ta omogoča prehod med nenadvišanjem in nadvišanjem ali pa prehod med dvema različno nadvišanima deloma proge. Dolžina in položaj prehodnice praviloma sovpadata z dolžino in položajem prehodne klančine. Pri tem morata biti izpolnjena dva pogoja:

- vsaki obliki prehodne klančine mora ustrezati točno določena oblika prehodnice;
- prehodna klančina in prehodnica morata sovpadati po vsej svoji dolžini in biti enako dolgi.

2.3.1 Prehodna klančina

S prehodno klančino preidemo iz nenadvišane preme v nadvišan krožni lok in obratno, možen pa je tudi prehod med dvema različno nadvišanima krožnima lokoma. Izvedemo jo lahko z nadvišanjem zunanje tirnice, s poglobitvijo notranje tirnice ali z delnim nadvišanjem zunanje in delno poglobitvijo notranje tirnice. Čeprav je najugodnejši način delna poglobitev notranje tirnice, saj pri tem težišče vozila ostane v isti višini, se zaradi ohranjanja minimalne debeline tirne grede pod notranjo tirnico praviloma uporablja nadvišanje zunanje tirnice.

Slika 11 prikazuje premočrtno prehodno klančino, ki je enolično določena s svojo dolžino L in nadvišanjem h s pripadajočim diagramom hitrosti dviganja zunanje tirnice v primerjavi z notranjo tirnico.



Slika 11: Premočrtna prehodna klančina, hitrost dviganja in pospeški dvigovanja
(Vir: Zgonc, 2012)

Nadvišanje v poljubni točki x prehodne klančine h_x izračunamo iz geometrijskih odnosov po naslednji enačbi:

$$\frac{h_x}{x} = \frac{h}{L} \quad \text{oziroma} \quad h_x = \frac{hx}{L}, \quad (18)$$

kjer je:

L ... dolžina prehodnice [m],

h ... nadvišanje [mm],

h_x ... nadvišanje v poljubni točki [mm].

2.3.2 Strmina prehodne klančine

Višinska razlika dveh točk na prehodni klančini v odnosu s projekcijo njune razdalje na notranjo tirnico predstavlja strmino prehodne klančine. Dopustne spremembe nadvišanja kot funkcije poti dh/dx in funkcije časa (dopustne hitrosti dviganja zunanje tirnice $dh/dt = v_h$) pa dovoljujejo največjo dovoljeno strmino prehodne klančine. Pri nižjih hitrostih se uporablja za spremembe nadvišanja funkcija poti. S tem sledilni venec dvignjenega kolesa na prehodni klančini ne prekorači glave tirnice.

Največja dopustna strmina prehodne klančine je $1/n = 1/400$ in sicer:

$$\frac{1}{n} = \frac{dh}{dx} = 2,50 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = \frac{2,50 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}} = \frac{1}{400}. \quad (19)$$

2.3.3 Dolžina prehodne klančine

Dopustne spremembe nadvišanja kot funkcije poti in dopustne spremembe primanjkljaja nadvišanja kot funkcije časa določajo dolžino prehodne klančine. Ta dolžina je označena s črko L in jo po kriteriju dopustne spremembe nadvišanja kot funkcije poti dobimo iz naslednjega geometrijskega razmerja:

$$\frac{1}{n} = \frac{h}{L} \rightarrow L = nh. \quad (20)$$

Nadvišanje navadno merimo v milimetrih, zato predhodno enačbo delimo s 1000, da dobimo dolžino prehodne klančine v metrih:

$$L = \frac{nh}{1.000} \text{ [m]} \quad (21)$$

Minimalno dopustno dolžino prehodne klančine dobimo, če za $dh/dx = 1/n$ vstavimo maksimalno dopustno vrednost 2,50 mm/m oziroma tej vrednosti ustrezen $n = 400$:

$$L_{min} = \frac{400h}{1.000} \text{ [m]}. \quad (22)$$

Naslednje enačbe navadno uporabljamo za dolžino prehodne klančine, pri tem pa upoštevamo položnejše parametre:

- za novogradnje in nadgradnje:

$$L_n = \frac{10V_{max}h}{1.000} \text{ [m]}, \quad (23)$$

- za obnove in vzdrževanje po enačbi:

$$L_n = \frac{8V_{max}h}{1.000} \text{ [m]}, \quad (24)$$

V izjemnih primerih pa lahko uporabimo enačbo:

$$L_n = \frac{6,5V_{max}h}{1.000} \text{ [m]}. \quad (25)$$

3 PROJEKTNI DEL

3.1 Analiza obstoječega stanja proge

Analiza obstoječega stanja je izvedena na dvotirni progi št. 30 Zidani Most – Šentilj d.m. med postajama Slovenska Bistrica in Pragersko z medpostajno razdaljo 6,4 km. Promet na tej progi se odvija v režimu medpostajne odvisnosti. Smerna privolitev se vzpostavlja avtomatsko, s sproščanjem medpostajnega odseka z vožnjo vlaka po pravem tiru. Promet se odvija levostransko, to pomeni, da je levi tir pravi tir glede na začetno točko odseka dvotirnega dela proge (Zidani Most) in končno točko dvotirnega odseka proge Šentilj d.m. ter desni za vožnjo v obratni smeri. Oba tira prometnega odseka sta elektrificirana z enosmernim sistemom 3 kV (Tiring, 2007).

V obravnavanem odseku železniške proge je devet prepustov, štirje podvozi, en most dolžine 13,6 m in predor Črešnjevca dolžine 240 m (Tiring, 2007).

ZGORNJI USTROJ

Železniški odsek proge Slovenska Bistrica – Pragersko je bil obnovljen leta 1972. Oba tira so obnovili s tirnicami sistema 49E1, ki so varjene v neskončno zvarjen tir. Leseni pragi so položeni v razmiku 62,5 cm, na katere so s togo pritrditvijo sistema 'K' pritrjene tirnice. Najmanjši radij, ki ga imajo krivine na tem progovnem odseku je 470 m. V krivinah so tirnice stransko in višinsko obrabljene, vendar so še v mejah tolerance. Pragovi, vključno s pritrdilnim materialom so dotrajani. Zaradi zelo slabega stanja pragov na določenih odsekih so jih leta 2007, 2008 in 2009 zamenjali 4000 na najbolj kritičnih oziroma obremenjenih krivinah. S tem posegom se je obdržala tirna širina v dovoljenih odstopanjih. Leta 2007 je bila uvedena počasna vožnja. Vzdrževanje dotrajanega opisanega odseka železniške proge je ekonomsko neracionalno in tehnično neučinkovito (Tiring, 2007).

Skladno z 79. členom Pravilnika o ZU je odsek redno nadzorovan z vizualnimi pregledi, z ročnimi meritvami s pomočjo merilnih inštrumentov, z merilnim vozom ter z vožnjo na vlečnem vozilu (Pravilnik o ZU, 2010).

Z merilnim vozom je potrebno meriti glavne geometrijske parametre: širino, vegavost in smer tira, nadvišanje in samo stabilnost tira. Zelo pomembno je tudi preveriti valovitost vozne površine ter obrabo vgrajenih tirnic (Tomljanovič, 2012). Merilne vožnje se opravljajo vsaj dvakrat letno, s presledkom med posameznimi merjenji največ 8 mesecev (Pravilnik o ZU, 2010), da je zagotovljena minimalna varnost železniškega prometa.

SPODNJI USTROJ

Progovni odsek med postajama Slovenska Bistrica – Pragersko spada v kategorijo C3, kar pomeni, da je največja dovoljena obremenitev 20 t/os oziroma 7,2 t/m. Sestava spodnjega ustroja ni spremenjena od časa gradnje. Trenutno prihaja na določenih mestih do deformacij in zablatenja. Obstoječi odvodni jarki neučinkovito opravljajo svojo funkcijo (Tiring, 2007).

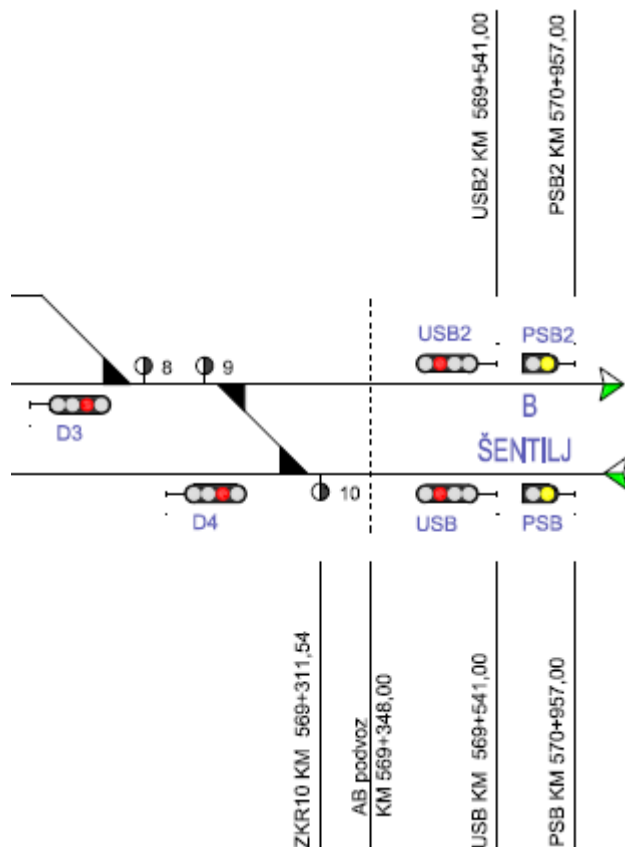
POSTAJA SLOVENSKA BISTRICA

Postaja Slovenska Bistrica je postaja na glavni dvotirni elektrificirani progi Zidani Most – Šentilj d.m. in je podrejena lokaciji vodenja prometa postaje Pragersko. Postajno področje poteka od uvoznega signala A1 iz smeri Poljčan (km 568+128), do uvoznega signala B1 iz smeri postaje Pragersko (km 569+541). Opremljena je za sprejem, odpravo in sestajanje potnikov in vagonskih pošiljk v notranjem prometu ter vagonskih pošiljk v mednarodnem prometu vseh vrst vlakov. Delitev tirov glede na namembnost je predstavljena v Tabeli 1 (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013).

Tabela 1: Delitev tirov na postaji Slovenska Bistrica in njihov namen (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013)

Številka tira	Vrsta tira in namen
4, 3	Glavni prevozni tiri namenjeni za uvoze, izvoze in prevoze vseh vrst vlakov.
2	Glavni tir, namenjen za prehitevanje, sprejem, odpravo in sestavo vlakov.
1	Stranski tir z bočno nakladalno klančino, namenjen za nakladanje in razkladanje vagonskih pošiljk.
5, 105, 6	Stranski tiri namenjeni za nakladanje in razkladanje vagonskih pošiljk.
7	Stranski tir namenjen za razkladanje vagonov prispelih s cestnim transporterjem.

Kretnice na glavnih prevoznih in glavnih tirih so vključene v elektrolejne signalnovarnostne naprave. Centralno glede na glavne signale se predstavljajo kretnice 1, 2, 3, 8, 9 in 10, ki so opremljene s hidravličnim pogonom. Kretnici 4 in 5 se predstavljata elektromehansko, redna lega ročnih kretnic Z in 6 je v odklon ter 7 v premo. Ročne kretnice se predstavljajo na mestu samem (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013). Položaj uvoznih kretnic na postaji Slovenska Bistrica iz smeri Pragersko je viden na Sliki 12.



Slika 12: Obstoječe stanje postaje Slovenska Bistrica; uvozni kretnici 9 in 10 iz smeri Pragersko (Vir: Skice postajnih tirnih shem, 2013)

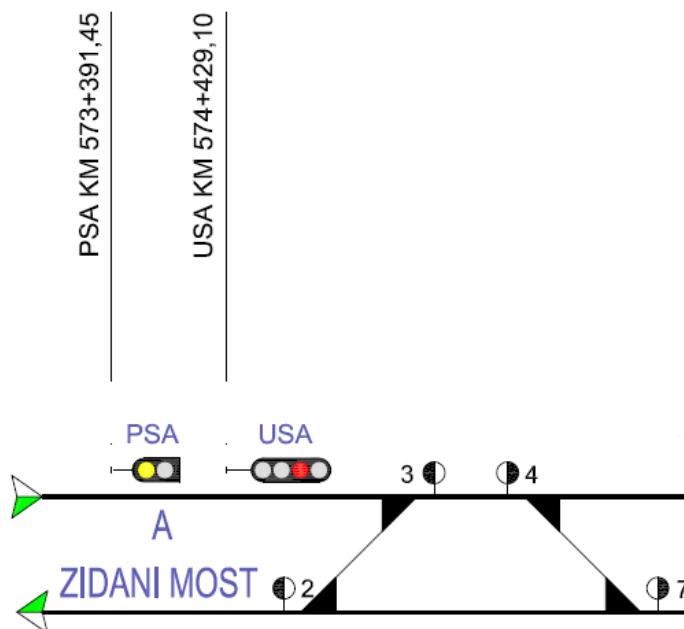
POSTAJA PRAGERSKO

Postaja Pragersko leži na glavni dvotirni elektrificirani progi Zidani Most – Šentilj d.m. in je nadrejena postaji Slovenska Bistrica. Lega postajnega območja leži med uvoznima signaloma A (km 574+429) in B1 (km 576+624) z dolžino 2195 m. Delitev tirov glede na namembnost je predstavljena v Tabeli 2 (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013).

Tabela 2: Delitev tirov na postaji Pragersko in njihov namen (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013)

Številka tira	Vrsta tira in namen
1/6, 2/7, 3/9, 4 in obratno ter tir 16	Glavni prevozni tiri, namenjeni za uvoze, izvoze in prevoze vseh vrst vlakov.
5, 8, 10, 11, 12, 13, 14 in 15	Glavni tiri namenjeni sprejemu, odpravi in sestavi vlakov. Tir 14 se začasno uporablja za parkiranje lokomotiv.
20, 21, 22 in 23	Stranski tiri namenjeni za zbiranje odstavljenega tovora vlakov in tovora predvidenega za dodajanje v vlake, v skladu s PTN.
19	Stranski tir z bočno in čelno nakladalno klančino, namenjen za nakladanje in razkladanje vagonov (slepi tir).
18	Stranski tir namenjen za nakladanje in razkladanje vagonov. Del tira, od črpalke do kretnice 1, se uporablja za opremo in parkiranje D-lok.
17/17a	Stranski, izvlečni tir, namenjen premikalnemu delu in vožnji D-lok na opremo. Tir 17a je slepi tir.
26	Stranski tir, namenjen za deponiranje modrih in neodrejenih vagonov ter razkladanje in nakladanje vagonov (slepi tir).
27	Stranski tir na območju bivšega opremljenega prostora parnih lokomotiv. Tir je vozen v dolžini 30 m, dalje zaprt in nevozen (slepi tir).

Vse kretnice na glavnih tirih so vključene v elektrorelejne signalnovarnostne naprave. Prestavljajo se centralno glede na glavne signale. Položaj uvoznih kretnic na postaji Pragersko iz smeri Slovenske Bistrice je viden na Sliki 13 (Slovenske železnice – Infrastruktura, 2013).



Slika 13: Obstoječe stanje postaje Pragersko; uvozni kretnici 2 in 3 iz smeri Slovenska Bistrica (Vir: Skice postajnih tirnih shem, 2013)

3.2 Izračun vrednosti horizontalnih elementov za progo s hitrostjo 120 km/h

Izbrani odsek železniške proge mora zaradi sovpadanja s Sredozemskim in Baltsko Jadranskim koridorjem ustrezati Uredbi 1315/2013 (2013). Skladno z njo je zahtevana vozna hitrost 160 km/h. V moji nalogi sem izbrala računsko hitrost 120 km/h, saj izračunani parametri omogočajo boljše prilagajanje terenu in ohranitev poteka proge skozi obstoječi predor. Vlaki z nagibno tehniko pa bodo lahko vozili tudi hitreje.

Za izračun poteka izbranega odseka železniške proge za najvišjo dovoljeno hitrost 120 km/h sem uporabila program Ferrovia, ki deluje na osnovi AutoCAD Civil 3D. Namenjen je načrtovanju prog ter v celoti podpira slovenske standarde in Pravilnik o ZU (2010) (Leban, 2013). Program omogoča urejanje geometrije železniških prog ter druge posege na kritičnih mestih. Glede na dane geometrijske razsežnosti terena in zahteve Pravilnika o ZU (2010) so se mi rešitve ponudile hitreje kot pri "peš izračunih". To mi je omogočilo natančno umestitev proge na obstoječo traso in približanje nadgradnje k obstoječemu stanju proge brez dodatnih posegov v naravo in urbanističnih sprememb ob progih.

V Tabeli 3 in Tabeli 4 je prikazan izračun elementov za posamezne odseke nove proge v smeri od Slovenske Bistrice do Pragerskega. Upoštevala sem medtirno razdaljo, ki je v skladu s Pravilnikom o ZU (2010), in sicer 1435 mm.

Normalne vrednosti za dolžine krožnega loka in preme med dvema krivinama vzdolž celotne trase, zadostujejo pogoju, ki zahteva:

$$l \geq 0,4V_{max}, V_{max} = 120 \text{ km/h} \quad (26)$$

$$0,4 * 120 = 48 \geq 20. \quad (27)$$

VREDNOSTI HORIZONTALNIH ELEMENTOV VZDOLŽ OBRAVNAVANE TRASE

Dobljene vrednosti so izračunane po naslednjih enačbah:

$$V_{max} = 120 \text{ km/h}, \quad (28)$$

$$h_n = 7,1 \frac{V_{max}^2}{R}, \quad (29)$$

$$b = \frac{V_{max}^2}{13R} - \frac{h}{153}, \quad (30)$$

$$L_n = \frac{10V_{max}h}{1000}, \quad (31)$$

$$\Delta h_p = 153b \quad (32)$$

in prikazane v Tabeli 3 in Tabeli 4.

Tabela 3: Izračunane vrednosti horizontalnih elementov obravnavane trase za levi tir za hitrost $V_{max} = 120$ km/h

ELEMENT	STACIONAŽA	l [m]	R [m]	h [mm]	delta h [mm]	b [m/s ²]	NAKLON
PREMA	569+312,7	300,9		0	0		1:0
PREHODNICA	569+613,6	145		0	0		1:1208,3
KROŽNI LOK	569+758,6	726	864	120	76,7	0,498	1:0
PREHODNICA	570+484,7	145		0	0		1:1208,3
PREMA	570+629,7	89,4		0	0		1:0
PREHODNICA	570+719,1	145		0	0		1:1260,9
KROŽNI LOK	570+864,1	370,4	900	115	73,8	0,479	1:0
PREHODNICA	571+234,5	145		0	0		1:1260,9
PREMA	571+379,5	570,3		0	0		1:0
PREHODNICA	571+955,9	55		0	0		1:1375
KROŽNI LOK	572+10,9	40	2500	40	28	0,182	1:0
PREHODNICA	572+38,7	55		0	0		1:1375
PREMA	572+93,7	1412,9		0	0		1:0
PREHODNICA	573+512,6	140		0	0		1:1217,4
KROŽNI LOK	573+652,6	65,4	900	115	73,8	0,479	1:0
PREHODNICA	573+718,1	140		0	0		1:1217,4
PREMA	573+858,1	384		0	0		1:0
PREHODNICA	574+242,1	140		0	0		1:1217,4
KROŽNI LOK	574+382,1	53,3	900	115	73,8	0,479	1:0
PREHODNICA	574+435,4	140		0	0		1:1217,4
PREMA	574+575,4	304		0	0		1:0
KONEC	574+879,4	0					

Tabela 4: Izračunane vrednosti horizontalnih elementov obravnavane trase za desni tir za hitrost $V_{max} = 120$ km/h

ELEMENT	STACIONAŽA	l [m]	R [m]	h [mm]	delta h [mm]	b [m/s ²]	NAKLON
PREMA	569+312,7	300,9		0	0		1:0
PREHODNICA	569+613,6	145		0	0		1:1208,3
KROŽNI LOK	569+758,6	730,3	868,2	120	75,7	0,491	1:0
PREHODNICA	570+488,9	145		0	0		1:1208,3
PREMA	570+633,9	89,4		0	0		1:0
PREHODNICA	570+723,3	145		0	0		1:1260,9
KROŽNI LOK	571+868,3	367,9	895,7	115	74,7	0,485	1:0
PREHODNICA	571+236,3	145		0	0		1:1260,9
PREMA	571+381,3	570,3		0	0		1:0
PREHODNICA	571+957,7	55		0	0		1:1375
KROŽNI LOK	572+12,7	40	2504,9	40	27,8	0,181	1:0
PREHODNICA	572+40,7	55		0	0		1:1375
PREMA	572+95,7	1412,8		0	0		1:0
PREHODNICA	573+514,5	140		0	0		1:1217,4
KROŽNI LOK	573+654,5	66,6	905	115	72,8	0,472	1:0
PREHODNICA	573+721,1	140		0	0		1:1217,4
PREMA	573+861,1	383,8		0	0		1:0
PREHODNICA	574+244,9	140		0	0		1:1217,4
KROŽNI LOK	574+384,9	54,4	905,1	115	72,7	0,472	1:0
PREHODNICA	574+439,3	140		0	0		1:1217,4
PREMA	574+579,3	303,9		0	0		1:0
KONEC	574+883,3	0		0	0		

Potek nove trase načrtovane za hitrost vlakov do največ 120 km/h je razviden v prilogi A1 in A2.

3.3 Analiza načrtovane proge za hitrost 120 km/h

Trasa nove proge se začne s premo na stacionaži km 569+312,7 in sovpada z uvoznima kretnicama št. 9 in 10 iz smeri Pragersko. Konča se s premo na stacionaži km 574+879,4 pred uvoznima kretnicama št. 2 in 3 iz smeri Slovenska Bistrica. Na omenjenem odseku je pet krožnih lokov. Levemu tiru pripadajo krožni loki z radiji: 864 m, 900 m, 2500 m, 900 m in 900 m ter desnemu tiru 868,2 m, 895,7 m, 2504,9 m, 905 m in 905,1 m. Oba tira prometnega odseka sta elektrificirana z enosmernim sistemom 3 kV.

Pri umeščanju proge sem bila pozorna na pozicijo in danosti že obstoječe železniške infrastrukture (cestni prepusti, podvozi, most in predor). S tem sem se izognila gradnji novega predora na mestu sedanjega predora Črešnjevca in mostu čez potok Devino. Prav tako so na obstoječem mestu ostali še vedno funkcionalni nadvozi in cestni prepusti. Izgradnjo nove proge ne ovira noben obstoječ objekt, kljub temu, da se le-ti že sedaj nahajajo v varovalnem pasu proge. Položaji stebrov vozne mreže so na mestih, kjer je bil zahtevan premik trase prilagojeni novemu stanju proge, kar je razvidno v prilogah.

ZGORNJI USTROJ

V zgornjem ustroju proge bodo vgrajene nove tirnice 60E1, ki so namenjene vožnji z višjimi hitrostmi. Varjene so v neprekinjeno zvarjen tir in pritrjene z elastično pritrditvijo Pandrol. Nagib tirnic v tiru bo 40:1. Leseni pragovi bodo zamenjani z betonskimi dolžine 2,60 m. Razmik med osmi pragov bo znašal 60 cm.

Tirna greda z minimalno debelino pod spodnjim robom praga na mestu pod tirnico bo 30 cm, njena minimalna širina ob čelu pragov pa bo 40 cm na celotnem odseku. Tirna greda mora biti dobro zbita in vibrirana. Na vseh odsekih bo v tirno gredo vgrajen tolčenec po predpisanem standardu SIST EN 13450:2002. Njena oblika je razvidna v prilogi C1, D1, D2 in D3 ter ustreza Pravilniku o ZU (2010) glede zahtevane oblike grede za progo z betonskimi pragi.

Izveden bo strešni naklon planuma pod obema tiroma s padcem proti zunanjsima stranema proge v nagibu 1:20. Nagib planuma je prikazan v načrtu vzdolžnega in prečnega profila. Brežine bodo zatravljene in v naklonu 1:1,5.

SPODNJI USTROJ

Na trasi se bodo utrdila temeljna tla in izvedel tamponski sloj z debelino 30 cm.

Odvodnjavanje proge se bo vršilo v odvisnosti od konfiguracije in prepustnosti terena oziroma temeljnih tal levo in desno ob progi. Izvedel se bo z jarkom, obloženim s koritnicami. Odprti jarki bodo imeli nagib brežin 1:1,5 z minimalno širino na dnu 40 cm. Minimalna globina pod tamponsko plastjo bo znašala 40 cm (Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog, 2013).

Ohrani se obstoječ enoceven predor Črešnjevce dolžine 240 m.

Zaradi nadgradnje in pomembnosti proge bo sestava spodnjega ustroja izboljšana, kar vpliva na spremembo kategorizacije proge. Kategorija V – M bo dopuščala osno obremenitev 22,5 t/os in 8 t/m (Direktiva EU 2008/57, 2008).

Nov svetli profil na odseku ustreza normalnemu svetlemu profilu GC po Pravilniku o ZU (2010).

4 ZAKLJUČEK

Izbran odsek med Slovensko Bistrico in Pragerskim leži na železniški progi Zidani Most – Šentilj d.m., ki je bila zgrajena leta 1846 kot del nekdanje Južne železnice (Bogić, 1998). Nazadnje je bil prenovljen leta 1972 (Tiring, 2007) in je nujno potreben prenove, saj je del Sredozemskega in Baltsko Jadranskega koridorja. Po njem poteka pomemben tranzitni in potniški promet.

V moji diplomski nalogi sem progo nadgradila za višje hitrosti. Z računalniškim programom Ferrovio sem jo načrtovala za vozno hitrost 120 km/h. Pri tem sem jo skušala približati obstoječi trasi ter se tako izognila rušenju ob njej stoječih objektov. Trenutna proga poteka skozi predor Črešnjevce, skozi katerega sem speljala novo progo. Prilagodila sem se tudi mostu čez potok Devino in ohranila lego mostu. Omenjeni ukrepi lahko poenostavijo nadgradnjo in pripomorejo k nižanju njenih stroškov.

Pri projektiranju sem uporabljala določila iz veljavnega Pravilnika o zgornjem ustroju železniških prog (2010). Izračunala sem minimalni krožni lok, s katerim sem lahko določila primerno traso. Izbrana višja hitrost je pogojevala radije, ki so večji od obstoječih in posledično odmike od obstoječe proge. Potrebno je bilo določiti še parametre krožnih lokov in prehodnic, izračunati nadvišanja ter preveriti velikost bočnih pospeškov. Z izračunanimi omenjenimi elementi (Tabela 3 in Tabela 4) sem izrisala nadgrajeno železniško progo.

Predstavljen nadgrajen odsek železniške proge je izvedljiv predlog za posodobitev Baltsko Jadranskega koridorja, ki po sprejetju Uredbe (EU) št. 1315/2013 (2013) poteka tudi skozi Slovenijo. Uredba je okrepila razloge za nujno posodobitev in povečala možnosti za učinkovito povezavo severnega Jadrana z Baltikom. Pomembnost povezave in tega koridorja se kaže z že začeto gradnjo železniške proge skozi sosednjo Avstrijo, ki bo prav tako povezovala omenjeni morji (The Baltic-Adriatic ..., 2009). To nam predstavlja grožnjo, da bodo prometni tokovi, ki trenutno še potekajo skozi Slovenijo, le to zaobšli. Poleg tega je nadgrajen odsek tudi del Sredozemskega koridorja, zato bi bilo nujno nadgraditi železniške proge, da bodo omogočale večje hitrosti, učinkovitejši vozni red in zagotavljale konkurenčen promet na obeh koridorjih, ki potekata skozi Slovenijo.

Nadgradnja železniškega odseka Slovenska Bistrica – Pragersko prinaša povečano vozno hitrost vlakov, krajši čas vožnje, udobnejšo in varnejšo povezavo ter alternativo cestnemu prometu. S tem bi se približali pomenu razvoja in obstoja omrežja TEN-T ter zagotovili naše železniške povezave konkurenčnejše od železniških povezav sosednjih držav.

Prazna stran.

VIRI

Bogić, M. 1998. Tiri in čas Pregled razvoja železniškega omrežja v Sloveniji in okolici. Ljubljana, Slovenske železnice - Železniški muzej: 34 str.

Direktiva 2008/57/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 17. junija 2008 o interoperabilnosti železniškega sistema. 2008. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0057:en:NOT> (Pridobljeno 4. 9. 2013.)

Infrastructure - TEN-T. 2013. Transport themes. http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/news/ten-t-corridors_en.htm (Pridobljeno 8. 2. 2014.)

Esveld, C. 2001. Modern Railway Track. MRT-Productions: str. 1–648.

Future EU transport infrastructure policy to focus on TEN-T corridors. 2013. <http://www.railwaygazette.com/news/policy/single-view/view/eu-transport-infrastructure-policy-to-focus-on-ten-t-corridors.html> (Pridobljeno 8. 2. 2014.)

Obstoječa železniška proga. 2014. <https://maps.google.ch/maps?q=pragersko&ie=UTF-8&hq=&hnear=0x476f7da1aee42315:0xb11122cfb460506e,Pragersko,+Slovenija&gl=ch&ei=sMDdUujbDqms0QXy1oCgBw&sqi=2&ved=0CKgBELYD> (Pridobljeno 21. 1. 2014.)

Leban, L. 2013. Nova programska oprema za načrtovanje železniških prog. Ceste 2007: str. 42–43.

Luka Koper. 2014. Medijski kotiček, Koprsko pristanišče v Baltsko-jadranskem koridorju. <http://www.luka-kp.si/slo/medijski-koticek/arhiv-novic/3020> (Pridobljeno 20. 2. 2014.)

Pravilnik o spodnjem ustroju železniških prog. Uradni list RS št. 93/ 2013.

Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog. Uradni list RS št. 92/ 2010.

Železniško omrežje. 2014. <http://www.slo-zeleznice.si/sl/podjetje/infrastruktura> (Pridobljeno 8. 3. 2014.)

SIST EN 13450:2002. Agregati za grede železniških prog.

Skice postajnih tirnih shem. 2013. Program omrežja RS 2014. http://www.slo-zeleznice.si/sl/podjetje/vodenje_prometa/program_omrezja/program_omrezja_republike_slovenije_za_let_2014 (Pridobljeno 18. 1. 2014.)

Slovenske železnice – Infrastruktura. 2013. Poglavlja A Tehnične zmogljivosti in opremljenost postaje in industrijskih tirov 2013. [http://intranet/http://172.16.7.45/cool-ice/viewfile.asp?file=PPR2SL_BISTRICA\(151213\)](http://intranet/http://172.16.7.45/cool-ice/viewfile.asp?file=PPR2SL_BISTRICA(151213)) (Pridobljeno 17. 1. 2014.)

Slovenske železnice – Infrastruktura. 2013. Poglavlja A Tehnične zmogljivosti in opremljenost postaje in industrijskih tirov 2013. [http://intranet/http://172.16.7.45/cool-ice/viewfile.asp?file=PPR2PRAGERSKO\(151213\)](http://intranet/http://172.16.7.45/cool-ice/viewfile.asp?file=PPR2PRAGERSKO(151213)) (Pridobljeno 17. 1. 2014.)

Tiring. 2007. Za izdelavo izvedbenega načrta za nadgradnjo železniškega odseka Poljčane – Pragersko. Projektna naloga. Ljubljana, Ministrstvo za promet: str. 1–120.

The Baltic-Adriatic Corridor, Austria's measures in creating a continuous high-performance rail connection between the Baltic and the Adriatic. 2009. http://www.baltic-adriatic.eu/upload/file/2009_06_Lobbyingfolder_Baltisch-Adriatischer-Korridor_englisch.pdf (Pridobljeno 26. 2. 2014.)

Tomljanovič, S. 2012. Analiza meritev glavnih geometrijskih parametrov na železniških progah. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Tomljanovič): 86 str.

Uredba (EU) št. 1315/2013 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 11. decembra 2013 o smernicah Unije za razvoj vseevropskega prometnega omrežja in razveljavitvi Sklepa št. 661/2010/EU. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:348:0129:0171:SL:PDF> (Pridobljeno 4. 3. 2014.)

Zemljič, F. 2012. Priložnosti Republike Slovenije v okviru evropske železniške mreže. V: 11. slovenski kongres o cestah in prometu, 24.–25. oktobra 2012. Portorož: str. 1–14.

Zgonc, B. 2012. Železniška infrastruktura. Portorož, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet: str. 68–102.

Prazna stran.

PRILOGE

PRILOGA A1: Situacija od P1 do P141, merilo 1:2500

PRILOGA A2: Situacija od P142 do P280, merilo 1:2500

PRILOGA B1: Vzdolžni profil, merilo 1:6000:600

PRILOGA C1: Karakteristični prečni profil v nasipu; merilo 1:100

PRILOGA D1: Prečni profil P111

PRILOGA D2: Prečni profil P160

PRILOGA D3: Prečni profil P270